



**Pedro Miguel Bessa
Moreira**

**Integração do BIM na Gestão de Projetos de
Edifícios**



**Pedro Miguel Bessa
Moreira**

Integração do BIM na Gestão de Projetos de Edifícios

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica do Professor António Jorge Bauleth Marques Ramos, Assistente Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação científica da Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Professor Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

o júri

presidente

Prof. Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Luís Filipe da Costa Neves
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Engenheiro António Jorge Bauleth Marques Ramos
Assistente Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Jorge Ramos, agradeço a disponibilidade demonstrada e todos os ensinamentos e a partilha de conhecimentos técnicos que se relevaram de extrema importância ao longo da realização desta dissertação.

À coorientadora, Professora Fernanda Rodrigues, o agradecimento pela disponibilidade demonstrada, pela partilha de conhecimentos, pelo constante auxílio na resolução dos problemas e pela partilha da visão e rumo da dissertação. Ao coorientador, Professor Hugo Rodrigues, o agradecimento também pela disponibilidade e pela ajuda fornecida.

Àqueles que possibilitaram a realização de todo o meu percurso universitário, os meus pais, pelo apoio constante que se revelou fulcral ao longo destes anos, representando sempre um grande sacrifício, o meu muito obrigado.

Aos meus irmãos, o agradecimento por toda ajuda que desde sempre prestaram, também eles contribuindo para que este percurso se tornasse possível.

À Inês, o agradecimento pelo incansável apoio e ajuda constante, que em muito ajudaram a atingir os objetivos propostos.

A todos os amigos que conheci ao longo da vida académica em Aveiro, um especial agradecimento pelas múltiplas experiências que vivenciamos juntos.

palavras-chave

Building Information Modeling (BIM), Gestão de Projetos de Edifícios, BIM Execution Plan (BEP), BIM 360.

resumo

A gestão de projetos de edifícios é uma função fundamental para a redução de erros e omissões, de custos e para o aumento da qualidade e durabilidade das edificações.

A metodologia BIM permite acompanhar todo o ciclo de vida de um projeto, desde a fase de concepção até à fase de operação e manutenção, assumindo-se como uma metodologia de apoio à gestão de informação e, consequencialmente, de gestão de projetos.

Nesta dissertação, desenvolveu-se um caso de estudo para explorar e aplicar as recentes tecnologias BIM à gestão de projetos. Para tal, aos modelos 3D desenvolvidos foi aplicado um BIM Execution Plan e a ferramenta BIM 360 da Autodesk.

O BEP consiste num protocolo desenvolvido pelos intervenientes no projeto, que descreve todos os aspectos observados na modelação do projeto e facilita a coordenação da gestão de todos os elementos do projeto. No caso de estudo, o BEP permitiu definir os usos BIM a aplicar, bem como os mapas de processo de informações do projeto, para além de identificar os intervenientes e as suas responsabilidades, os procedimentos de colaboração entre os intervenientes no projeto, as necessidades tecnológicas para a criação do modelo, o controlo de qualidade do projeto e a metodologia de entrega do projeto.

O BIM 360 é uma ferramenta, composta por diversos *softwares*, que permite gerir todo o ciclo de vida do projeto, melhorando os processos de colaboração e comunicação entre os respetivos intervenientes, conectando informações e fluxos de trabalho. No caso de estudo, o BIM 360 permitiu controlar e expandir o acesso à documentação do projeto, através de computador e dispositivos móveis.

Analisadas todas as funcionalidades da realização de um BEP e da utilização dos produtos BIM 360 aplicados a um caso de estudo conclui-se que os mesmos se assumem como ferramentas fundamentais para a gestão de projetos de edifícios, aumentando a organização e a coerência das informações dos projetos, melhorando o trabalho colaborativo entre os membros do projeto, reduzindo a ocorrência de erros e omissões na elaboração dos projetos e consequentemente os custos associados, bem como para melhorar a qualidade dos projetos e dos edifícios.

keywords

Building Information Modeling (BIM), Building Project Management, BIM Execution Plan (BEP), BIM 360.

abstract

Building project management is fundamental to decrease errors and omissions, costs and to increase the quality and durability of buildings.

BIM methodology allows to follow the whole life cycle of a project, since the design phase until the operation and maintenance phase, assuming itself as a methodology to support information management and, consequently, project management.

In this master thesis, a case study was developed to explore and apply the recent BIM technologies to project management. For that a BIM Execution Plan and the BIM 360 tool from Autodesk were applied to the 3D models developed.

The BEP is a protocol developed by project stakeholders that describes all aspects of the project design and facilitates the coordination of the management of all elements of the project. In the case study, the BEP allowed to define the BIM uses to be applied, as well as the project information process maps, in addition to identifying the stakeholders and their responsibilities, the collaboration procedures among them, technological needs for model creation, project quality control and project delivery methodology.

The BIM 360 is a tool, composed by several software that allows managing the entire project life cycle, improving the processes of collaboration and communication between the respective stakeholders, connecting information and workflows. In the case study, the BIM 360 allowed to control and expand access to the project documentation, through computer and mobile devices.

After analyse all BEP functionalities and the use of BIM 360 products applied to a case study it is concluded that they are considered fundamental tools for building project management, increasing the organization and the coherence of project information, improving the collaborative work between project members, reducing the occurrence of errors and omissions in the project development and consequently the associated costs, as well as to improve the quality of projects and buildings.

Índice

Índice de Figuras	iv
Índice de Tabelas	vii
Lista de Símbolos e Abreviaturas.....	ix
1. Introdução	3
1.1. Enquadramento	3
1.2. Objetivos	4
1.3. Estrutura da Dissertação	5
2. <i>Building Information Modeling</i>	9
2.1. Conceito BIM	9
2.2. Domínios do BIM	11
2.3. Aplicação do BIM.....	12
2.4. Normalização	14
2.5. Interoperabilidade	18
2.6. Níveis de desenvolvimento	21
2.7. Níveis de Maturidade	23
3. Gestão de Projetos	27
3.1. Enquadramento	27
3.2. Gestão de Projetos de Edifícios	29
3.2.1. Sistemas Internacionais	29
3.2.2. ProNIC.....	33
3.3. BIM na Gestão de Projetos	36
4. Caso de Estudo.....	43
4.1. Descrição	43
4.2. <i>Software</i> Utilizados.....	45
4.3. Criação do Modelo Virtual	47

4.3.1.	Descrição de Incompatibilidades	60
4.3.2.	Deteção de Interferências	61
5.	BIM Execution Plan	67
5.1.	Enquadramento	67
5.2.	Proposta de BIM Execution Plan	71
5.2.1.	Informação do Projeto	71
5.2.2.	Membros do Projeto	74
5.2.3.	Objetivos do Projeto	74
5.2.4.	Usos BIM	76
5.2.5.	Responsabilidades do Projeto	78
5.2.6.	BIM Design	79
5.2.7.	Procedimentos de Colaboração	83
5.2.8.	Controlo de Qualidade	84
5.2.9.	Infraestruturas Tecnológicas	85
5.2.10.	Estrutura do Modelo	87
5.2.11.	Entrega do projeto	89
6.	BIM 360	93
6.1.	Enquadramento	93
6.2.	BIM 360 Docs	96
6.3.	BIM 360 Build	107
6.4.	BIM 360 Design	118
6.5.	BIM 360 Glue	119
6.6.	BIM 360 Layout	123
6.7.	BIM 360 Plan	124
6.8.	BIM 360 Ops	126
7.	Considerações Finais	135
7.1.	Conclusões Gerais	135
7.2.	Desenvolvimentos Futuros	137

8. Referências Bibliográficas	141
Anexo I – Proposta de BIM <i>Execution Plan</i>.....	155
Anexo II – Descrição Usos BIM	175

Índice de Figuras

Figura 1 - BIM no ciclo de vida da indústria AECO	10
Figura 2 - Diversos domínios do BIM.	12
Figura 3 - Curva de MacLeamy.	14
Figura 4 - Fatores estratégicos da normalização da indústria AECO.	18
Figura 5 - Versões desenvolvidas do formato IFC.....	19
Figura 6 - Níveis de desenvolvimento de uma viga.	22
Figura 7 - Níveis de Maturidade BIM.	24
Figura 8 - Áreas de conhecimento e processos da Gestão de Projetos.	27
Figura 9 - Tabelas de classificação Omniclass e Uniclass.	33
Figura 10 - Processo de criação de <i>outputs</i> do ProNIC.....	35
Figura 11 - Critérios de sucesso do uso BIM.	37
Figura 12 - Pentágono de colaboração.	39
Figura 13 - Interoperabilidade do <i>software</i> Revit.	46
Figura 14 - Níveis do modelo virtual.	48
Figura 15 - Elementos de Fundações do Modelo Virtual.....	49
Figura 16 - Elementos de Fundações e Pilares do Modelo Virtual.	49
Figura 17 - Elementos de Fundações, Pilares e Vigas do Modelo Virtual.....	50
Figura 18 - Elementos de Fundações, Pilares, Vigas e Pisos do Modelo Virtual.	51
Figura 19 - Modelo virtual de arquitetura do caso de estudo.	52
Figura 20 - Parâmetros da família "Caixas de Visita"	55
Figura 21 – Modelo da família “Caixas de visita”.	56
Figura 22 - Modelo virtual do projeto de abastecimento de águas.	58
Figura 23 - Modelo virtual do projeto de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais.	59
Figura 24 - Especialidades do modelo virtual adicionadas ao Autodesk Navisworks Manage 2018.....	61
Figura 25 - Detecção de incompatibilidades do caso de estudo.	63
Figura 26 - Planos de Execução BIM internacionais.	69
Figura 27 - Representação de um processo no Mapa Geral BIM.	80
Figura 28 - Mapa Geral BIM do caso de estudo.	82

Figura 29 - Produtos BIM 360 ao longo do ciclo de vida do projeto.	95
Figura 30 - Criação conta BIM 360 Docs.....	97
Figura 31 - Interface do BIM 360 Docs.	97
Figura 32 - Interface da página inicial do projeto em BIM 360 Docs.	98
Figura 33 - Personalização da página inicial do projeto em BIM 360 Docs.	98
Figura 34 - Interface da subsecção de pastas da gestão de documentos do BIM 360 Docs.....	99
Figura 35 - Interface da subsecção de problemas da gestão de documentos do BIM 360 Docs.	100
Figura 36 - Interface da secção de administrador da conta do BIM 360 Docs.....	100
Figura 37 - Perfil do projeto do caso de estudo no BIM 360 Docs.	101
Figura 38 - Estruturação de pastas do caso de estudo no BIM 360 Docs.	102
Figura 39 - Interface do modelo de arquitetura 3D do BIM 360 Docs em computador. ..	104
Figura 40 – Navegação do BIM 360 Docs no dispositivo móvel iPhone. a) Navegação entre projetos; b) Navegação entre dentro de um projeto.....	105
Figura 41 – Interface do modelo de arquitetura 3D do BIM 360 Docs em iPhone.....	106
Figura 42 – Interface da análise individual de elementos do BIM 360 Docs em iPhone. a) Navegador do Projeto; b) Propriedades.....	107
Figura 43 - Perfil do caso de estudo no BIM 360 Field.	108
Figura 44 - Criação de problemas no BIM 360 Field.....	109
Figura 45 - Vista geral dos problemas criados no BIM 360 Field.	110
Figura 46 - Criação de tarefas no BIM 360 Field.....	111
Figura 47 - Edição de uma lista de verificação no BIM 360 Field.....	112
Figura 48 - Criação de relatórios diários no BIM 360 Field.	112
Figura 49 – Interface página pessoal aplicativo BIM 360 Field. a) Página pessoal; b) Lista de projetos.	115
Figura 50 - Visualização das funcionalidades do aplicativo BIM 360 Field. a) Problemas; b) Listas de verificação.	116
Figura 51 - Sincronização de atualizações no aplicativo BIM 360 Field. a) Definição das atualizações a sincronizar; b) Relatório do processo de sincronização.	117
Figura 52 - Suplemento BIM 360 Glue para o <i>software</i> Revit.....	120
Figura 53 - Perfil do projeto do caso de estudo no BIM 360 Glue.....	120
Figura 54 - Modelos do caso de estudo carregados no BIM 360 Glue.	121

Figura 55 - Interface de detecção de incompatibilidades no BIM 360 Glue, adaptado de Autodesk Education (2014).....	122
Figura 56 -Visualização de planos de trabalho no BIM 360 Plan. a) Listas; b) Diagrama de Gantt; c) Diagrama Swimlane.....	124
Figura 57 - Monitorização de desempenho do BIM 360 Plan.	125
Figura 58 - Importação de ativos do modelo Revit para o BIM 360 Ops. a) Criação do código de importação; b) Exportação de ativos para o BIM 360 Ops.	127
Figura 59 - Informações de um ativo do caso de estudo no BIM 360 Ops.....	127
Figura 60 - Interface do projeto no BIM 360 Ops.....	128
Figura 61 -Interface do Portefólio do BIM 360 Ops.....	129
Figura 62 - Modelo PAN-12-3 de <i>Panoramic Power</i>	130
Figura 63 - Interface do portefólio do aplicativo BIM 360 Ops.	131
Figura 64 - Funcionalidades do aplicativo BIM 360 Ops. a) Interface geral; b) Criação de tickets; c) Acesso aos ativos.....	132

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Normas BIM utilizadas em diversos países.	15
Tabela 2 - Objetivos das subcomissões da CT 197.	16
Tabela 3 - Padrões básicos <i>buildingSMART</i>	20
Tabela 4 - Processos da Gestão de Projetos.	28
Tabela 5 - Tabelas de classificação UniFormat.	31
Tabela 6 - Tabela de Sapatas	44
Tabela 7 - Tabela de Pilares.	44
Tabela 8 - Tabela de Vigas.	45
Tabela 9 - Níveis do modelo virtual	47
Tabela 10 - Equipamentos utilizados no modelo virtual.	53
Tabela 11 - Equipamentos de abastecimento de água utilizados no modelo virtual.	57
Tabela 12 - Equipamentos de drenagem de água utilizados no modelo virtual.	59
Tabela 13 - Incompatibilidades dimensionais de Pilares.	60
Tabela 14 - Informações gerais do projeto.	72
Tabela 15 - Plano de custos do projeto.	72
Tabela 16 - Calendarização do projeto	73
Tabela 17 - Membros do projeto.	74
Tabela 18 - Objetivos do projeto.	75
Tabela 19 - Usos BIM.	77
Tabela 20 - Identificação dos responsáveis do projeto.	78
Tabela 21 - Representação gráfica de processos do BPMN.	81
Tabela 22 - Procedimentos de reuniões.	83
Tabela 23 - Procedimentos de comunicação eletrónica.	84
Tabela 24 - Verificações de controlo de qualidade.	85
Tabela 25 - <i>Software</i> utilizados.	86
Tabela 26 - <i>Hardware</i> utilizados no caso de estudo.	86
Tabela 27 - Plataformas de comunicação.	87
Tabela 28 - Nomenclatura de ficheiros.	88
Tabela 29 - Disposição dos modelos.	88
Tabela 30 - Sistemas de medições.	88
Tabela 31 - Registo de entrega de projetos.	89

Tabela 32 - Produtos BIM 360.....	94
Tabela 33 - Tipos de relatórios instantâneos do BIM 360 Field.	114

Lista de Símbolos e Abreviaturas

AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

AIA - *America Institute of Architects*

BbCNS - *BIM-based Construction Networks*

BFC - *BIM Collaboration Format*

BIM - *Building Information Modeling*

CAD - *Computer Aided Design*

COBie - *Construction Operations Building Information Exchange*

CPIC - *Construction Industry Project Information Committee*

CSC - *Constuction Specifications Canada*

CSI - *Constuction Specifications Institute*

CT 197 - Comissão Técnica 197

GIS - *Geographic Information System*

GSA - *General Services Admnistration*

IAI - *International Alliance for Interoperability*

IDM - *Information Delivery Manual*

IFC - *Industry Foundation Classes*

IFD - *International Framework for Dictionaries*

LoD - *Level of Development*

MEP - *Mechanical Electrical and Plumbing*

MVD - *Model View Definitions*

ProNIC - Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção

RIBA - *Royal Institute of British Architects*

SfB - *Samarbetsfommitten for Byggnadsfragor*

TIC - Tecnologias de Comunicação e Informação

UCI - *Uniform Construction Index*

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), contrariamente a outras indústrias, ainda apresenta níveis significativos de ineficácia e desperdício, devido a uma deficiente partilha de informação e comunicação entre os vários agentes envolvidos no desenvolvimento das diferentes fases dos projetos de AECO (Martins, 2009).

Trata-se de uma indústria que envolve elevados capitais de investimento, com graus de exigência e complexidade cada vez mais elevados, fazendo com que erros e omissões no desenvolvimento dos projetos representem significativos prejuízos.

De acordo com Silva (2015), apenas 35% dos projetos se desenvolvem como previamente definidos, havendo mesmo suspensão dos mesmos em cerca de 15%. A estes valores acrescentam-se ainda falhas no desempenho dos projetos, entre os 30% e os 40%, mais precisamente na gestão de todo o projeto. Assim, é importante encontrar soluções que permitam satisfazer as necessidades atuais desta indústria, sendo possível obter respostas a esta problemática, com recurso às tecnologias de comunicação e informação (TIC) (Poças, 2015).

Para além das TIC, também a gestão de projetos se configura como um instrumento eficiente para assegurar o sucesso dos mesmos, incluindo as adaptações a novas necessidades, que decorrem da crescente complexidade e diversidade dos projetos levando a que as entidades coordenadoras tenham que ser capazes de controlar todos os processos inerentes ao projeto, de forma a certificar a respetiva qualidade de execução (Munns *et al.*, 1996).

De forma a responder às necessidades desta indústria foram criados múltiplos sistemas para partilha de informação, de forma integrada, entre os demais participantes na execução dos projetos, recorrendo à tecnologia atualmente disponível. Para além de garantir o êxito dos projetos, também é possível otimizar custos, reduzir tempo e melhorar a qualidade das edificações, que no final se irá traduzir numa maior viabilidade económica.

Entre os sistemas criados destacou-se o *Building Information Modeling* (BIM), assumindo-se atualmente como a melhor abordagem para dimensionamento, planeamento, construção e manutenção das edificações, respondendo às exigências impostas pelo mercado

da construção (Porwal *et al.*, 2013). De acordo com Hunt (2013) a metodologia BIM pode ser a solução para problemas devidos a pontos críticos, como a produtividade, coordenação das diferentes especialidades e solução de outros problemas existentes nos projetos do setor AEC.

Apesar de vários países já utilizarem esta metodologia como obrigatória no desenvolvimento de projetos de obras públicas, a generalidade das empresas e das equipas de projeto não explora e obtém todos os benefícios associados ao BIM, devido à ausência de diretrizes para a sua eficaz implementação, de forma integrada e como um processo colaborativo entre os intervenientes nos projetos (Lino, Azenha and Lourenço, 2012).

Assegurar a eficiente implementação BIM em projetos de edifícios depende assim da existência de um plano detalhado do processo, para auxiliar e gerir o projeto BIM no decurso das suas fases, definido pelos participantes no projeto e que esteja de acordo com as normas BIM em vigor (Isikdag and Underwood, 2010).

1.2. Objetivos

Esta dissertação teve como objetivo aplicar a metodologia BIM à gestão de projetos de edifícios, através da modelação de um caso de estudo, englobando o projeto de arquitetura, o projeto de estabilidade e de instalações (*Mechanical, Electrical and Plumbing* (MEP)). Relativamente a este, as instalações modeladas foram a rede de abastecimento de água e a rede de drenagem de águas, pluviais e residuais.

Desta forma, pretende-se avaliar se a aplicação da metodologia BIM à gestão de projetos de edifícios permite melhorar o controlo dos processos por parte de todos os intervenientes, desde a fase inicial de conceção até à fase de manutenção e exploração do edifício.

Para se atingir este objetivo global estabeleceram-se os seguintes objetivos secundários:

- Para um caso de estudo, desenvolver um modelo virtual e, a partir desse mesmo modelo, desenvolver um BIM Execution Plan de acordo com as normas internacionais já existentes e a legislação portuguesa;
- Analisar a aplicabilidade da ferramenta BIM 360 e dos seus múltiplos *software* à gestão de projetos através do caso de estudo desenvolvido.

1.3. Estrutura da Dissertação

O âmbito desta dissertação é a análise da aplicabilidade da metodologia BIM à gestão dos projetos e a sua interligação, estando organizada em sete capítulos.

No primeiro capítulo encontra-se a introdução ao tema em estudo, a definição dos objetivos a atingir e a estrutura do presente trabalho.

No segundo capítulo descreve-se a metodologia BIM, com base na pesquisa e análise bibliográfica sobre o tema. Apresenta-se o conceito da metodologia, os seus múltiplos domínios, a sua aplicação e a normalização BIM, para além da descrição da interoperabilidade BIM que permite a sua ampla utilização.

O terceiro capítulo incide sobre a gestão de projetos, na sua generalidade e no caso específico de projetos de edifícios, bem como na aplicabilidade da metodologia BIM a essa gestão, analisando a viabilidade da sua aplicação de acordo com as vantagens que advêm da correlação entre ambos.

No quarto capítulo apresenta-se o caso de estudo desenvolvido, nomeadamente a descrição do modelo estrutural definido, os *software* utilizados para a modelação virtual e a metodologia utilizada.

O quinto capítulo refere-se ao BIM *Execution Plan* (BEP), no qual se descreve o conceito e se efetua uma proposta baseada nos guias BEP existentes, para o caso de estudo desenvolvido no quarto capítulo.

No sexto capítulo descreve-se a ferramenta BIM 360 da Autodesk e os seus *software*, aplicando-se ao caso de estudo desenvolvido no capítulo quatro para analisar a sua aplicabilidade à gestão de projetos.

No sétimo e último capítulo apresentam-se as conclusões relativamente ao desenvolvimento de um BEP e do estudo da aplicação do BIM 360 ao caso de estudo, bem como os possíveis desenvolvimentos futuros a realizar de forma a dar continuidade ao trabalho realizado nesta dissertação.

Capítulo 2

Building Information Modeling

2. Building Information Modeling

2.1. Conceito BIM

O BIM assume-se, simultaneamente, como uma tecnologia de modelação e como uma conjugação de processos de produção, comunicação e análise de modelos de construção (Eastman *et al.*, 2011).

A tecnologia BIM permite a criação, em formato digital, de um ou vários modelos construtivos exatos, funcionando como suporte do projeto nas suas diversas fases. Terminados os modelos, estes apresentam geometria e informação precisa, apoiando todas as etapas do projeto (Eastman *et al.*, 2011).

O NBS (2016) define o BIM como uma representação digital dos elementos físicos e funcionais de uma instalação, para além de um método de partilha de informações dessa mesma instalação numa base de dados fidedigna que acompanhará todo o seu ciclo de vida.

Contrariamente aos sistemas *Computer Aided Design* (CAD), onde a geometria se fundamenta em linhas e coordenadas, produzindo elementos em duas dimensões (2D), de forma independente e isolada, no BIM toda a geometria é desenvolvida em modelos tridimensionais paramétricos, com a respetiva informação integrada. Todas as especialidades trabalham num modelo único, no qual as alterações realizadas são automaticamente repercutidas na totalidade do projeto (Azhar *et al.*, 2007). Este trabalho colaborativo em simultâneo entre os diferentes profissionais envolvidos no projeto melhora a comunicação e aumenta a eficiência do seu trabalho, enquanto é garantida uma maior supervisão de todo o projeto (Hattab and Hamzeh, 2013).

A conceção tradicional dos projetos de engenharia é frequentemente realizada a partir de sistemas de produção 2D, nos quais é descrita a obra a realizar através de um processo de planificação do objetivo a atingir em desenhos técnicos. Contudo, estes sistemas, têm múltiplos fatores passíveis de erro, nomeadamente as falhas de compatibilização entre as várias especialidades do projeto e também a interpretação errada dessas mesmas especialidades, provocando diferenças entre o objeto projetado e o produto obtido (Bomfim *et al.*, 2016).

O BIM permite ainda acompanhar permanentemente as previsões de custos, bem como simular toda a evolução do processo de construção. Desta forma, é possível estruturar todo o encadeamento construtivo, tal como planear e controlar o respetivo progresso (Azhar

et al., 2007). Contudo, o uso BIM não se limita apenas à fase de construção, assumindo igual preponderância nas fases de operação e manutenção, dispondo de aplicabilidade na gestão de renovação, restauro ou demolição do edificado existente e histórico (Cheng *et al.*, 2015). Assim, engloba todo o ciclo de vida da indústria AECO (Figura 1), incluindo a gestão de projetos, a gestão de custos, a gestão de obra e a gestão de uso e exploração (Chowdhury, 2015; Logothetis *et al.*, 2015).

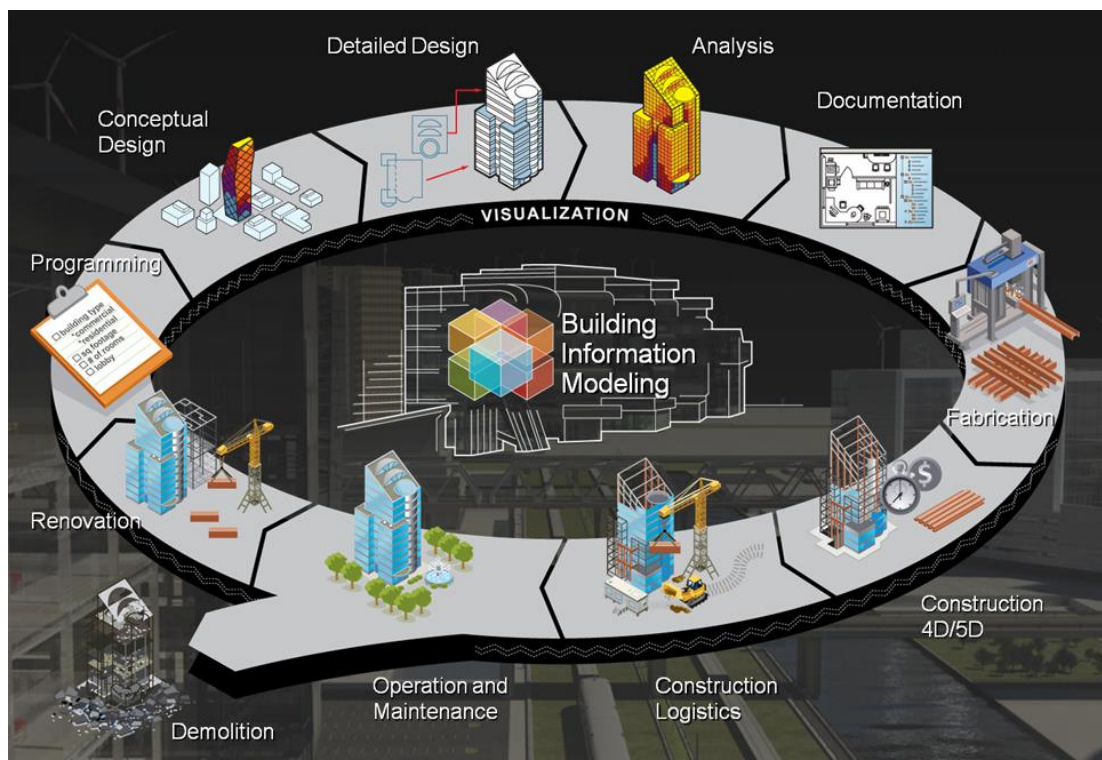


Figura 1 - BIM no ciclo de vida da indústria AECO (Dispenza, 2010).

A utilização desta metodologia aumenta a segurança na tomada de decisões, reduzindo a ocorrência de erros e incompatibilidades entre as várias especialidades dos projetos. Isto deve-se à fácil e viável permuta de informações, comunicação aberta e acesso simplificado aos requisitos de produção e desempenho assegurados pelo BIM (Chen *et al.*, 2014).

O conceito BIM é frequentemente considerado como um simples *software* de modelação, contudo de forma errada, pois trata-se de um conjunto de processos sistematizados a partir de uma base de informação, que utiliza *software* específicos (Martins, 2009).

2.2. Domínios do BIM

Associado à implementação da metodologia BIM, têm-se as várias dimensões BIM, designadas por domínios (nD) (Figura 2), que definem e descrevem todos os momentos do ciclo de vida de uma construção. As dimensões BIM giram em torno de um modelo de dados integrado, a partir do qual todos os intervenientes do projeto podem gerar e obter informações de acordo com o papel que desempenham na equipa de projeto (Barnes and Davies, 2014).

Desta forma, a utilização da metodologia BIM inicia-se com a elaboração dos projetos em 3D, o que permite combater os erros de perceção geral do projeto, bem como fornece a todos os agentes envolvidos no projeto a sua perceção geral, facilitando a confirmação de existência de erros ou falhas no projeto (CIC, 2010).

A quarta dimensão (4D) representa o planeamento e a gestão do projeto, permitindo a interface com as atividades de construção ao longo do tempo, possibilitando assim planear o fluxo de trabalho e acompanhá-lo em tempo real, desde a gestão de equipas até à gestão de materiais e equipamentos. Todos os intervenientes podem acompanhar em simultâneo todas as alterações necessárias e o progresso da obra (Eastman *et al.*, 2011).

Utilizando a dimensão 4D como base, surge a quinta dimensão (5D), que, com recurso ao planeamento, permite associar a dimensão dos custos às atividades do projeto e, desta forma, possibilita a elaboração do orçamento, tal como do cronograma financeiro do modelo em função do tempo. Assim, as estimativas são mais próximas da realidade, tal como são reduzidos os riscos de discrepâncias de valores. A quinta dimensão permite ainda que qualquer alteração ao projeto atualize imediatamente a orçamentação (Eastman *et al.*, 2011).

A sexta dimensão (6D) refere-se à sustentabilidade do edificado, possibilitando aos projetistas a definição de elementos e materiais de acordo com os objetivos desejados, nomeadamente dos consumos energéticos, através de análises das opções disponíveis (Eastman *et al.*, 2011).

A sétima e última dimensão (7D) aplica-se à manutenção e gestão de redes e instalações do edifício, através da inclusão de descrições e correlações entre os vários elementos, assegurando a existência de informação necessária para a elaboração de uma base de dados para ser utilizada na gestão de ativos (Eastman *et al.*, 2011).



Figura 2 - Diversos domínios do BIM (Hamed, 2015).

2.3. Aplicação do BIM

A atual conjuntura da indústria AECO necessita de uma reformulação profunda de forma a implementar definitivamente a metodologia BIM, que ainda não se encontra no nível desejado devido à resistência em acompanhar e implementar o avanço tecnológico (Lino *et al.*, 2012). As principais razões para esta resistência prendem-se com:

- Elevado investimento na obtenção de novos *software*;
- Formação lenta dos quadros técnicos devido à elevada complexidade dos *software*;
- Imperfeições na interoperabilidade entre *software*, nomeadamente na importação e exportação de dados, que leva à perda de informações relevantes;
- Reduzida colaboração entre os agentes envolvidos na utilização do BIM, perdendo-se a vantagem de reduzir a ocorrência de erros de incompatibilidade entre as diferentes especialidades.

De acordo com Succar and Kassem (2015), a aplicação da metodologia BIM numa organização é baseada na propensão para implementar o BIM, a capacidade e a maturidade BIM. A propensão para implementar o BIM tem por base o nível de preparação e atividades de planeamento desenvolvidas previamente. A capacidade BIM refere-se à competência que uma organização necessita para obter os resultados propostos para o trabalho BIM, sendo obtida através da superação das etapas evolutivas do projeto. A maturidade BIM representa o desenvolvimento contínuo das capacidades BIM, sendo determinado pelos níveis de maturidade BIM ambicionados pelas organizações.

Para implementar de forma homogénea os modelos BIM, Fernandes (2013) estabeleceu medidas a aplicar, nomeadamente:

- Troca de informação entre os intervenientes através de modelos eletrónicos;
- Garantir, pelo responsável máximo do projeto (coordenador), que ao longo do ciclo de vida do edifício não se submete informação repetida;
- Assegurar a qualidade da informação recolhida;
- Definir como prática usual a introdução de informação devidamente validada;
- Utilizar padrões abertos e neutros.

Na Figura 3 apresenta-se a Curva de MacLeamy, que traduz os custos provocados por alterações em projeto. Pela análise da mesma constata-se que o desenvolvimento de projetos pela metodologia BIM permite que se possam efetuar alterações sem que estas representem elevados impactos nos custos e nos aspetos fundamentais do projeto, logo na fase inicial do mesmo. Em contrapartida, com a metodologia tradicional, como as alterações mais significativas se dão aquando do projeto de execução, numa fase mais adiantada, consequentemente repercutem-se em custos mais elevados na execução dessas alterações.

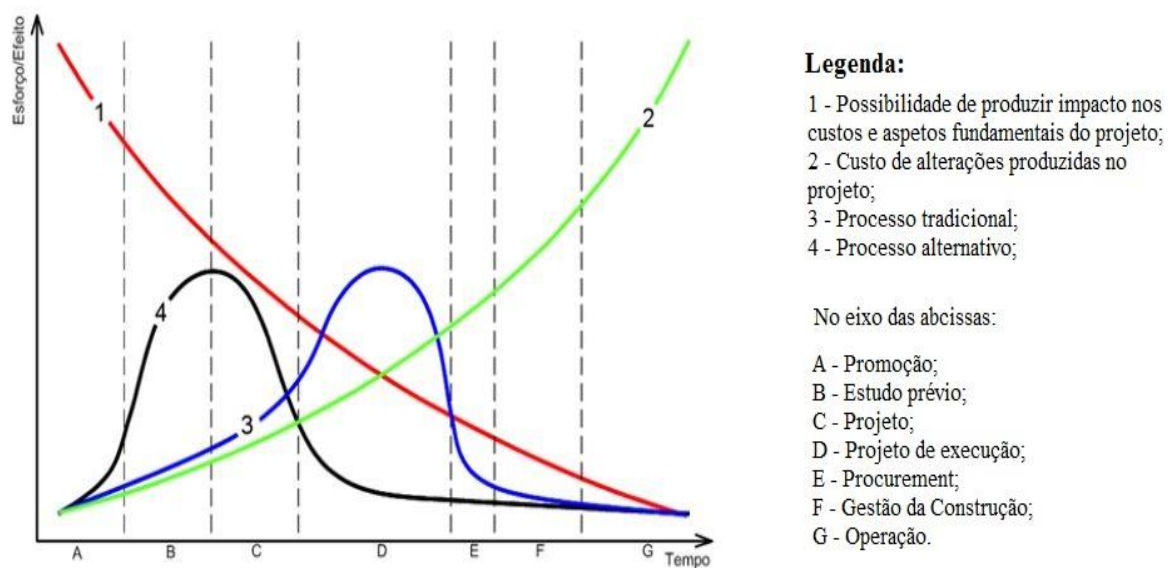


Figura 3 - Curva de MacLeamy, adaptado de Trimble (2016).

2.4. Normalização

Para a correta implementação da metodologia BIM é necessário que as entidades reguladoras definam as normas para a uniformização dos documentos gerados de forma a que todos os projetos sejam desenvolvidos segundo as mesmas diretrizes e os agentes envolvidos trabalhem com os mesmos procedimentos.

De acordo com Venceslau (2015), a normalização destina-se a conceber disposições para a utilização coletiva e partilhada sobre os problemas existentes ou futuros, com o objetivo de otimizar o grau de detalhe, em determinado âmbito dos projetos.

Na metodologia BIM, a normalização estabelece e uniformiza os processos operativos, possibilitando a partilha de forma rápida e completa das informações dos projetos, bem como a incorporação dessas informações nos respetivos cadernos de encargos (Oliveira, 2016).

Apesar do elevado potencial, a implementação da metodologia BIM em muitos países é ainda muito residual, com a grande maioria dos projetos de construção a ficarem à margem da implementação BIM (Cao *et al.*, 2017). Segundo McGraw Hill (2014), uma das razões para a baixa taxa de implementação prende-se com a falta de técnicos devidamente qualificados no âmbito da metodologia BIM.

Diversos países europeus já definiriam como obrigatória a utilização da metodologia BIM na concepção de projetos públicos, nomeadamente o Reino Unido, a Dinamarca, a Noruega, a Finlândia e a Holanda (Kassem *et al.*, 2015). Também a nível mundial existem medidas governamentais para a aplicação do BIM, em países como a China, Singapura, Austrália e Estados Unidos da América (Smith, 2014).

Na Tabela 1 representam-se as normas aplicadas em alguns dos países supracitados, tal como a entidade/organização responsável pela sua produção e a data de publicação.

Tabela 1 - Normas BIM utilizadas em diversos países, adaptado de Silva (2013).

País	Entidade Responsável	Norma	Publicação
Reino Unido	<i>AEC (UK)</i>	<i>AEC (UK) BIM Protocols</i>	07/set/2012
Dinamarca	<i>Erhvervsstyrelse (National Agency for Enterprise and Construction)</i>	<i>Det digitale Byggeri (Digital Construction)</i>	22/mar/2012
Noruega	<i>Statsbygg</i>	<i>Statsbygg Building Information Modeling Manual</i>	24/nov/2011
Finlândia	<i>BuildingSMARTFinland</i>	<i>Common BIM requirements 2012 (COBIM)</i>	27/mar/2012
Singapura	<i>Building and Construction Authority</i>	<i>Singapore BIM Guide</i>	15/mai/2012
Australia	<i>NATSPEC</i>	<i>NATSPEC National BIM Guide</i>	19/set/2011
EUA	<i>National Institute of BUILDing Science (NIBS) – BuildingSMART aliance (bSa)</i>	<i>National BIMM Standard (NBIMS)</i>	04/mai/2012

Nos Estados Unidos da América, o desenvolvimento da metodologia BIM deu-se através da sua inclusão nos projetos da Administração Geral dos Serviços, que é a organização responsável pela gestão dos edifícios federais norte americanos, no qual se criou um programa nacional de 3D-4D-BIM e do programa nacional *National BIM Standard* (McGraw Hill, 2014).

O governo do Reino Unido traçou, em 2012, a meta de em 2016 todos os projetos públicos terem obrigatoriamente de ser desenvolvidos em metodologia BIM, tal como durante todo o processo de construção. O primeiro passo dado pelos legisladores foi a criação do *BIM Task Group*, que tinha a função de auxiliar os clientes públicos e privados do estado na adaptação das técnicas de trabalho de acordo com as normas BIM (HM Government, 2012).

Em Singapura as medidas tomadas não tiveram caracter de obrigatoriedade legal, mas sim de beneficiação das organizações que desenvolviam os seus projetos com recurso à metodologia BIM. Para tal foi criado o primeiro sistema de aprovação rápida de projetos, no qual a equipa de projeto, ou apenas o seu responsável, submete eletronicamente o projeto em modelo BIM, composto por todas as informações necessárias, reduzindo assim o tempo de obtenção de licenças de construção (McGraw Hill, 2014)

Em Portugal, o Instituto Português da Qualidade criou a Comissão Técnica 197 (CT 197), coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico, com o intuito de desenvolver a normalização para os sistemas de classificação, para a modelação de informação e para os processos ao longo do ciclo de vida das construções, tal como colaborar com a Comissão Técnica Europeia de Normalização BIM, a CEN/TC 442 (CT197, 2016).

A CT 197 criou 4 subcomissões de trabalho para a produção de sistemas de apoio ao BIM, especificações técnicas e normas. Na Tabela 2 são descritos os objetivos de cada uma das subcomissões (CT197, 2016).

Tabela 2 - Objetivos das subcomissões da CT 197, adaptado de CT197 (2016).

Subcomissão	Objetivos
1 - Maturidade de Plano de Ação	Desenvolver um plano de maturidade no qual se enquadram as necessidades e níveis de maturidade da implementação do BIM na indústria AEC.
2 - Trocas e Requisitos de Informação	Estruturar os sistemas de classificação de informação para a construção, maximizando a interoperabilidade com os processos e objetos do BIM; Estruturar os formatos IFC para o suporte dos diversos objetos e as suas propriedades; Desenvolver o formato IFC para simplificar as trocas de informação; Definir bases de dados em IFC, apropriados aos diferentes tipos de uso do BIM.

Continuação da Tabela 2 - Objetivos das subcomissões da CT 197, adaptado de CT197 (2016).

Subcomissão	Objetivos
3 - Metodologias BIM	Identificar os diversos atores, usos e instrumentos disponíveis no BIM; Mapear processos e trocas de informação; Desenvolver guias metodológicos para utilização do BIM; Apoio à implementação do BIM.
4 - Modelação e Objetos	Conceber uma matriz para que o utilizador defina a fase do ciclo de vida do empreendimento, bem como o objetivo do modelo, e onde são propostos níveis de detalhe geométrico e as propriedades não geométricas que devem ser integradas; Definir uma estrutura base para dicionários de objetos e as respetivas propriedades.

Também foram traçados os objetivos a atingir com a normalização BIM em Portugal, através do documento “Visão Construção 2020 – ONS/IST”, no qual se pretende atingir os seguintes objetivos até ano de 2020 (Costa, 2016):

- Aumentar em 10% os contratos executados dentro do tempo e orçamento definidos;
- Aumentar em 20% a produtividade;
- Reduzir em 20% erros e omissões em projetos;
- Reduzir em 20% a emissão de gases de carbono;
- Reduzir em 10% os custos relativos às fases de operação e manutenção.

Estes objetivos convergem na mudança do paradigma da indústria AECO tradicional, no sentido de indústria 4.0, pelo que foram definidos os fatores estratégicos a implementar que irão suportar esta modernização. Na Figura 4 são apresentados os cinco fatores definidos pela “Visão Construção 2020 – ONS/IST”, que pressupõe um aumento do nível de complexidade ao longo do tempo (Costa, 2016).

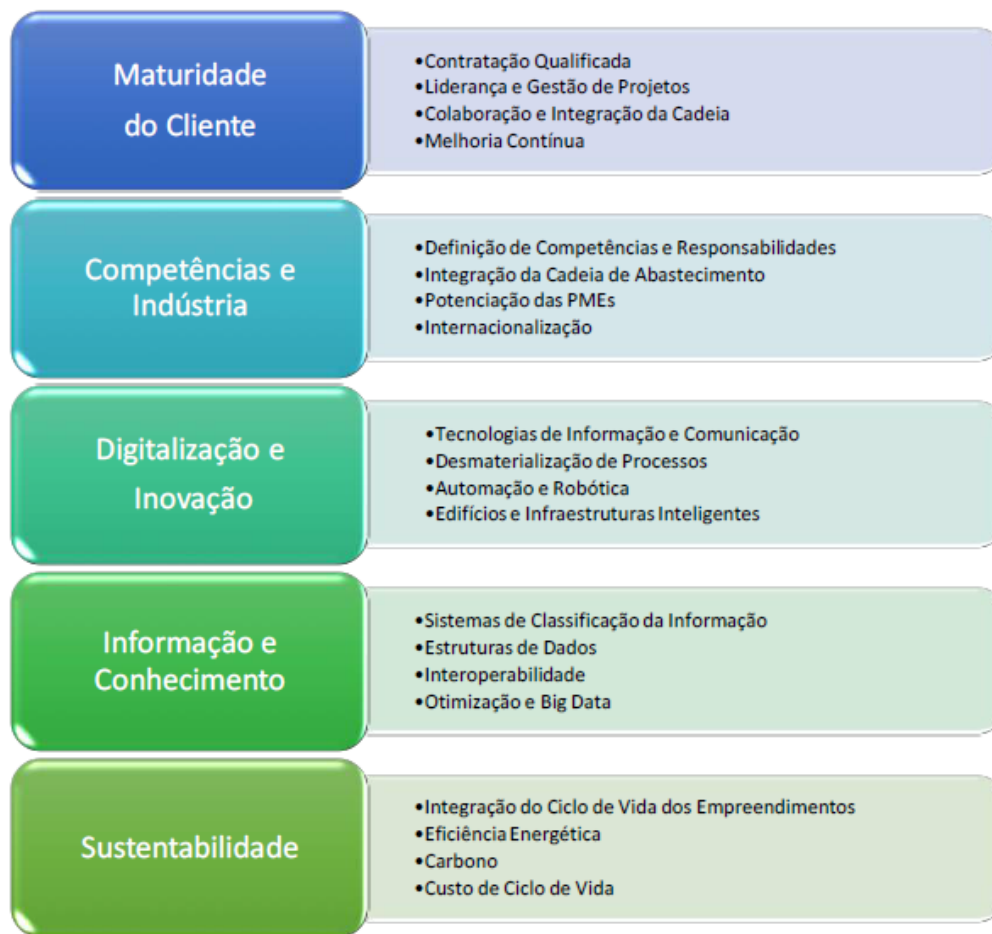


Figura 4 - Fatores estratégicos da normalização da indústria AECO (Costa, 2016).

2.5. Interoperabilidade

A aplicabilidade da metodologia BIM resulta da interface entre as diversas especialidades do projeto, cada uma desenvolvida por diferentes *software* informáticos (Simões, 2013).

Desta forma, surge a noção de interoperabilidade, que consiste na capacidade de comunicação eficiente entre os vários sistemas, definindo-se como a predisposição para o funcionamento de diferentes aplicações que se compreendem entre si e não apresentam conflitos no seu funcionamento em rede, permitindo a troca de informações entre si (Sacks *et al.*, 2008). Garantindo a eficácia e a fluidez da interoperabilidade, é possível criar fluxos de trabalho BIM mais eficientes em comparação com as metodologias tradicionais baseadas no CAD e no 2D (AIA, 2017).

Para difundir o uso da interoperabilidade, o *American Institute of Architects* (AIA) definiu que as entidades responsáveis pelo desenvolvimento de *software* devem partir de formatos abertos e universais de forma a existir permuta de informações entre os intervenientes e a eliminar perdas neste processo (Rodas, 2015).

A organização *International Alliance for Interoperability* (IAI), que em 2008 mudou o seu nome para *buildingSMART*, desenvolveu o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC) com o propósito de compartilhar e trocar dados BIM entre os diversos *software*, sendo responsável pela constante atualização do modelo e pela criação de novos padrões para atender às necessidades da indústria de AECO (AIA, 2017). Desde a primeira versão lançada, em 1997, denominada “IFC 1.0”, muitas outras foram desenvolvidas, encontrando-se em 2018 em funcionamento a versão “IFC4 Add2”, tal como se apresenta na Figura 5.

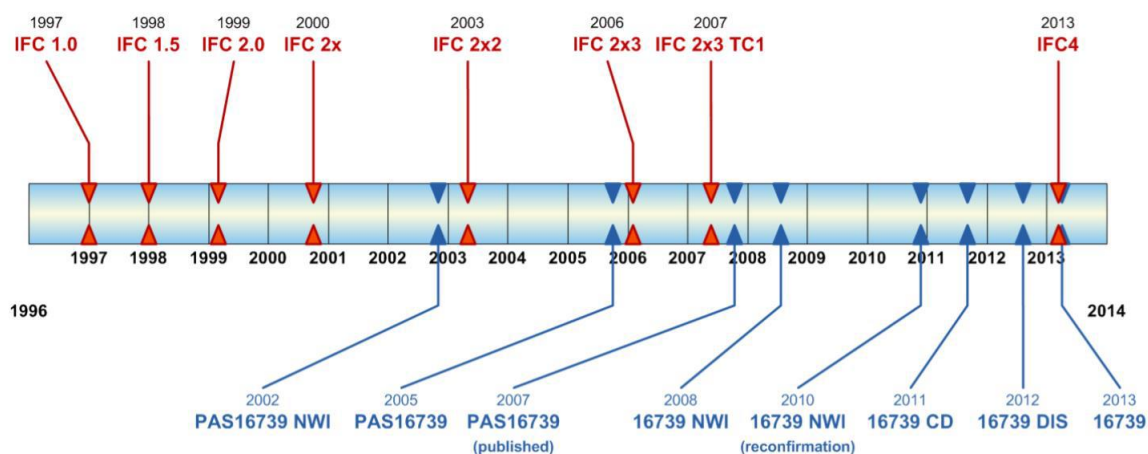


Figura 5 - Versões desenvolvidas do formato IFC (Liebich, 2013).

O formato de arquivo IFC oferece suporte à interoperabilidade e é um formato de arquivo neutro e aberto. Os arquivos IFC contêm informações relevantes sobre a tipologia, as propriedades, a relação entre objetos e composição do edifício, assumindo-se como uma combinação de dados geométricos e dados não geométricos, aos quais se pode aceder, analisar e alterar a partir de múltiplos aplicativos de *software* (Ryu 2016). Desde o início do desenvolvimento deste formato, estima-se que a *buildingSMART* já atingiu cerca de 140 *software*, integralmente suportados pelo IFC (Newsroom, 2017).

Para além do padrão IFC, a *buildingSMART* desenvolveu outros quatro padrões, o *International Framework for Dictionaries* (IFD), o *Information Delivery Manual* (IDM), o *BIM Collaboration Format* (BFC) e o *Model View Definitions* (MVD), tendo cada um deles sido desenvolvido para desempenhar funções diversas na partilha e suporte de dados de um elemento construtivo, tal como descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Padrões básicos *buildingSMART*, adaptado de BuildingSMART (2017).

Nome	Função	Norma
IFC	Partilha de informação e dados	ISO 16739:2013
IFD	Biblioteca de dados aberta	ISO 12006-3:2007
IDM	Normalizar e especificar processos	ISO 29481-1:2010 e ISO 29481-2:2012
BFC	Coordenação de atualizações	<i>BuildingSMART</i> BFC
MVD	Traduzir os processos para os requisitos técnicos	<i>BuildingSMART</i> MVD

Se através do IFC é possível existir intercâmbio de informações, é necessário garantir que essas informações sejam corretamente compreendidas. Assim, o IFD atua como um dicionário universal, no qual cada parâmetro tem associado as suas definições específicas, com acesso automático e independente da tipologia e linguagem do *software* em utilização (BuildingSMART, 2017)

Para além das funções de dicionário transversal, o IFD considera-se ainda um mapa de localização de informação que é disponibilizada no modelo, o que facilita a sua centralização. Assim, impede-se a duplicação da informação e reduz-se o tempo inerente à realização do projeto. Permite ainda catalogar cada elemento inserido no projeto, o que simplifica a sua identificação e torna mais eficaz e fluido o processo construtivo (BuildingSMART, 2017).

O padrão IDM refere-se aos processos subjacentes durante a realização do projeto em BIM e assume-se como uma extensão de apoio do IFC. A sua utilização permite colocar em evidência como toda a informação é processada e interligada entre si, tal como os passos a seguir para atingir o objetivo final, identificando os processos a realizar ao longo do ciclo de vida dos elementos do projeto (McPartland, 2017).

2.6. Níveis de desenvolvimento

A metodologia BIM atribui um papel preponderante à informação, sendo assim necessário definir diferentes níveis de desenvolvimento tendo em conta a dimensão dos detalhes que se pretende obter no projeto. Desta forma, surgiram os *Level of Development* (LOD), que consistem no nível de pormenorização do modelo exigido em cada fase do projeto (BIMForum, 2017).

Com o objetivo de estruturar o processo de modelação, o *America Institute of Architects* (AIA) propõe, através do documento *AIA Document E202*, um protocolo para os níveis de desenvolvimento que se pretendem, tal como a permissão de utilização em cada um dos níveis de desenvolvimento num modelo BIM. Procedeu ainda à distribuição do desenvolvimento de cada elemento do modelo pelos diferentes LoD's estabelecidos para cada fase do projeto (AIA, 2017).

Segundo AIA (2017), os níveis de desenvolvimento dividem-se por 5 LOD's, classificando-se da seguinte forma:

- LOD 100 - O modelo poderá incluir dados sobre áreas, volumes, localizações e orientações, sendo que os estudos de viabilidade e estimativas de custos serão apenas indicativos;
- LOD 200 - O elemento dispõe de informações geométricas próximas às reais, possibilitando estimativas de custos e cálculos estruturais básicos;
- LOD 300 - Todos os dados necessários à elaboração dos projetos de arquitetura, estruturas, MEP, planeamento e orçamento devem estar incluídos;
- LOD 400 - Deverá conter os elementos com total precisão, incluindo informação relativa ao seu fabrico e manutenção, tal como dados específicos e detalhados para o planeamento e o orçamento;
- LOD 500 - Neste nível deverá incluir-se todas as informações de acordo com a construção e em todas os pormenores de forma a ser usado para exploração e manutenção do edifício.

De acordo a norma *Level of Development Specification*, elaborada por (BIMForum, 2017), adiciona-se um outro nível de desenvolvimento, o LOD 350, que inclui detalhes e elementos do modelo que representam a interação dos elementos construtivos entre si e com

outros sistemas do edifício. Com este LOD, os elementos são graficamente representados dentro do modelo como um sistema, objeto ou um componente específico em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e compatibilidade com outros elementos de construção (BIMForum, 2017).

Adicionalmente, esta norma não aborda o LOD 500 por este se referir às verificações após a instalação dos elementos, não assumindo assim o nível mais elevado de geometria ou informação de um elemento (BIMForum, 2017).

Na Figura 6 é exemplificada a aplicação dos níveis de desenvolvimento a um elemento real, neste caso a uma viga, de acordo com as especificações do (BIMForum, 2017):

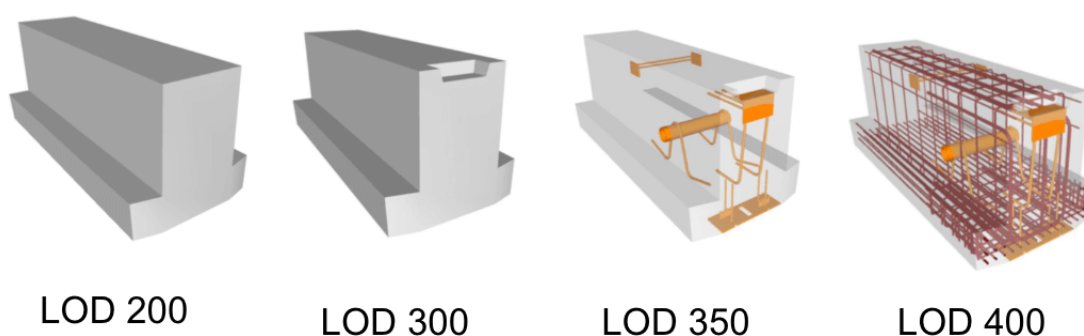


Figura 6 - Níveis de desenvolvimento de uma viga (BIMForum, 2017).

A aplicação dos LOD's atua como base de trabalho, onde é possível definir o grau de detalhe do modelo virtual do projeto, tanto no nível geométrico requerido como nos tipos de materiais e respetivos fornecedores. Assim, é importante que a definição do LOD seja efetuada na fase inicial do projeto, de forma a garantir a completa compreensão do modelo virtual a criar (McPhee, 2013).

Para além das informações geométricas, o conceito LOD na metodologia BIM, contempla também a informação semântica. Os modelos são estruturados em função da fase do projeto considerada e do nível de detalhe requerido. No desenrolar do projeto, os objetos são representados com maior detalhe e informação semântica, de modo a aumentar o rigor das informações relevantes para análise do projeto (Cheng *et al*, 2016)

Segundo Silva (2013), é possível correlacionar os níveis de desenvolvimento apresentados pela AIA com as fases de projeto descritas na Portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho, sendo contudo sempre decorrente da decisão do agente máximo envolvido no projeto o ajustamento dos níveis de desenvolvimento às necessidades específicas de cada fase. As possíveis relações são:

- LOD 100 – Programa base;
- LOD 200 – Estudo prévio;
- LOD 350 – Projeto de execução;
- LOD 400 – Preparação, montagem e construção da obra;
- LOD 500 – Pós construção (modelo virtual).

2.7. Níveis de Maturidade

Para além das normas legislativas necessárias à implementação BIM, é importante possuir um método simples que defina os níveis de maturidade BIM de cada organização, que influenciará a sua própria capacidade de compreensão da metodologia BIM e da respetiva aplicabilidade (Barlish and Sullivan, 2012). Após a identificação de todos os intervenientes no projeto, é essencial que todos possuam uma perceção clara do projeto e das fases que o constituem, de forma a assegurar troca de informações e interoperabilidade precisas (Succar, 2009).

De acordo com Succar (2009), o nível de maturidade BIM é “a qualidade, a repetibilidade e o grau de excelência dentro de cada capacidade BIM”. Para a divisão dos níveis de maturidade BIM, Succar (2009) considera um nível introdutório e três de maturidade:

- **Nível 0: Pré-BIM** – Modelo tradicional sem qualquer sistema de informação, baseado no formato 2D como formato de partilha de informações;
- **Nível 1: Colaboração** – Modelo tradicional (2D e 3D) utilizado numa lógica colaborativa, criando um formato de troca de dados, com a possibilidade de utilização de formatos padronizados. Neste nível os modelos BIM desenvolvidos são aplicados de forma isolada, não existindo partilha de modelos entre os intervenientes no projeto;

- **Nível 2: Colaboração** – Modelos BIM são adicionados em ambiente colaborativo, devidamente organizado por especialidades do projeto, que possibilita a gestão e partilha de informações através de diferentes modelos BIM. Neste nível é possível incluir funcionalidade BIM 4D e BIM 5D;
- **Nível 3: Integração** – Integração completa do processo colaborativo através da existência de uma base de dados centralizada e acessível por todos os intervenientes de todas as especialidades envolvidos no ciclo de vida do edifício.

A Figura 7 demonstra os vários níveis de maturidade BIM relacionados com a implementação BIM.

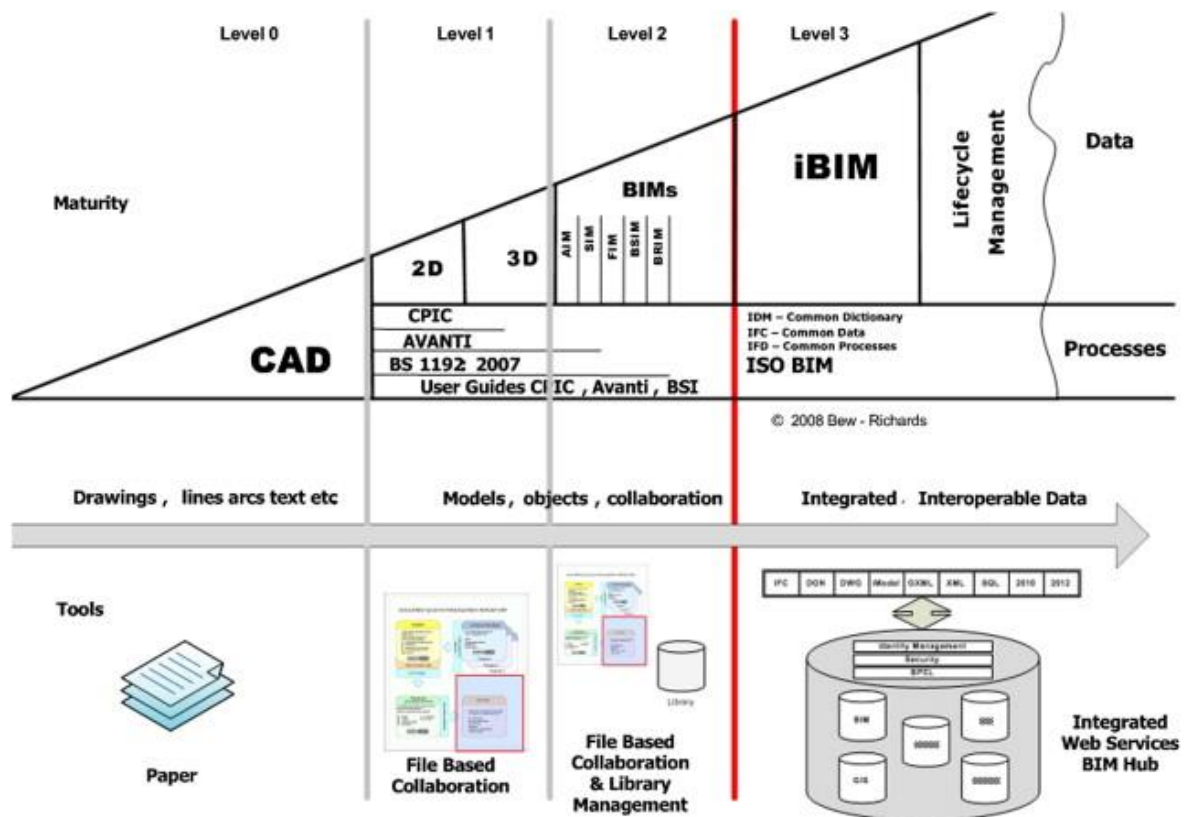


Figura 7 - Níveis de Maturidade BIM (Barlish and Sullivan, 2012).

Capítulo 3

Gestão de Projetos

3. Gestão de Projetos

3.1. Enquadramento

A gestão de projetos define-se como a aplicação de conhecimentos, capacidades, ferramentas e técnicas nas atividades que compõem o projeto de forma a atingir o objetivo pré-definido. Para tal, é necessário atingir o equilíbrio entre as partes envolvidas, nomeadamente quanto a objetivos, prazos, custos, qualidade, necessidades e expectativas (PMI, 2017).

Para a efetiva compreensão da atividade de gestão de projetos, podem ser definidas nove áreas de conhecimento, descrevendo, cada uma delas, as práticas de gestão no que toca aos processos que as constituem e, que se encontram descritos na Figura 8 (PMI, 2017).

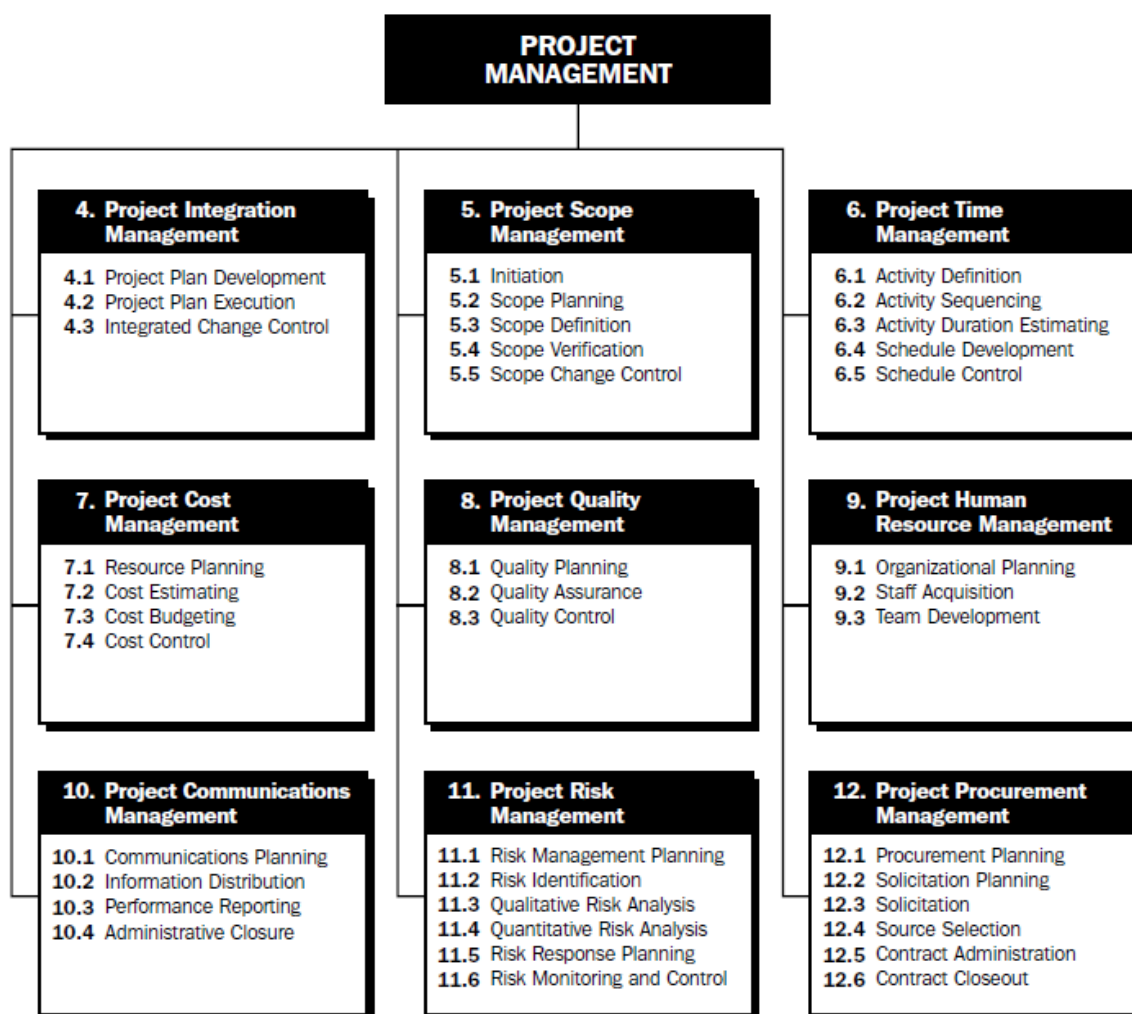


Figura 8 - Áreas de conhecimento e processos da Gestão de Projetos (PMI, 2017).

O PMI (2017), que contém um conjunto de práticas para a gestão de projetos, desenvolvido pelo *Project Management Institute*, define a implementação da gestão de projetos através de processos tais como iniciação, planeamento, execução, controlo e conclusão, cada um deles com diferentes propósitos, tal como indicado na Tabela 4.

Tabela 4 - Processos da Gestão de Projetos, adaptado de (PMI, 2017).

Processo	Objetivos
Iniciação	Reconhecer que um projeto deve começar e estabelecer a sua execução.
Planeamento	Planear e definir um programa de trabalho viável para atingir os objetivos propostos.
Execução	Coordenar os recursos existentes e necessários para realizar o projeto.
Controlo	Assegurar que os objetivos do projeto são cumpridos.
Conclusão	Formalizar a aceitação do projeto e encerrar de forma organizada.

Os processos interligam-se pelos resultados que produzem, havendo ligação iterativa entre os processos centrais. O planeamento sustenta o processo de execução na fase inicial, com um plano de projeto documentado e, de seguida, fornece atualizações a esse mesmo plano ao longo da sua progressão. São assim processos formados por atividades que se sobrepõem, desenrolando-se com diferente intensidade ao longo de cada fase do projeto (PMI, 2017).

Para Munns *et al.* (1996), o sucesso da gestão de um projeto não depende exclusivamente do resultado final do projeto, sendo necessário ter em conta fatores como o controlo de tempo de execução, os custos associados e o progresso do projeto para determinar o êxito do seu processo de gestão. Assim, a finalidade da gestão de projetos é alcançar metas específicas num curto prazo, em comparação com as finalidades mais abrangentes de um projeto.

3.2. Gestão de Projetos de Edifícios

A gestão de projetos de edifícios estabelece o equilíbrio entre liderar e gerir recursos humanos e usar e gerir recursos dentro das restrições previamente impostas, de forma eficiente e efetiva com o objetivo de obter o resultado pretendido. As restrições compreendem, entre outras, os custos, o tempo, a qualidade e a segurança, necessárias para alcançar o produto final (Ganah *et al.*, 2017).

Traduz-se assim no planeamento de todas as atividades inerentes ao processo de construção do edifício, desde a fase de conceção até à sua conclusão, e ainda a coordenação e monitorização de todas essas fases, de forma a corresponder às condições impostas quanto a custos, tempo, qualidade, prazos, saúde e segurança (Ganah and Jonh, 2017)

Na indústria da AEC, os sistemas de informação têm assumido elevada preponderância devido às variadas valências que apresentam na gestão dos seus projetos. São vários os sistemas informáticos que permitem a gestão de projetos de edifícios, desde os sistemas CAD, para a representação gráfica de projetos, até a sistemas para dimensionamento, preparação de obra ou para o acompanhamento temporal e financeiro do projeto, recorrendo a *software* tais como o *Microsoft Project*, o *Primavera* ou o *CCS/BuildSmart*. Todos estes sistemas possibilitam gerar projetos globais e transversais para a aplicação do projeto (Pereira, 2015).

Com o crescente volume de informações necessárias a cada projeto, foi necessário desenvolver modelos uniformizados para a sua catalogação. Para tal foram produzidos e trabalhados diversos sistemas de classificação de informação, que permitem a troca de gestão de informação de forma geral e efetiva, reduzindo as perdas entre processos (Pereira, 2015).

3.2.1. Sistemas Internacionais

Em 1949, o *Joint Working Committee for Building Problem in Sweden*, desenvolveu o sistema *Samarbetsfommitten for Byggnadsfragor* (SfB), que mais tarde, em 1968, se passou a designar *CI/SfB – Classification Index/SfB* pelo *Royal Institute of British Architects* (RIBA). Este sistema consiste numa linguagem comum e universal para coordenar, armazenar e partilhar informações referentes aos processos construtivos (Pereira, 2013).

Após a incorporação de requisitos do Regulamento dos Produtos de Construção a este sistema, que definia uma aproximação entre requisitos legislativos e regulamentares dos estados membros da União Europeia sobre os produtos de construção a utilizar em obra, determinou-se que todos os projetos devem cumprir várias exigências (RCP, 2011):

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndio;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança e acessibilidade na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Economia energética e isolamento térmico;
- Utilização sustentável dos recursos naturais.

O *Constuction Specifications Institute* (CSI) desenvolveu, em 1963, um novo sistema de classificação, dividido em 16 capítulos, denominado de “*CSI Format for Building Specification*”. Posteriormente, em 1972, o CSI, em parceria com outras organizações apresentam o *Uniform Construction Index* (UCI), no qual foram definidas especificações para registo e arquivo de informações de projetos, tal como análises de custos (Pereira, 2013).

Este modelo deu origem à norma *Masterformat*, apresentada pelo CSI e pela *Constuction Specifications Canada* (CSC), em 1978, na qual foram implementadas modificações que aumentavam a abrangência do modelo, sendo assim possível organizar os dados técnicos e as peças escritas referentes às edificações com destino comercial e institucional tanto nos Estados Unidos da América como no Canadá (Pereira, 2015).

A norma *Masterformat* estrutura as informações sobre os requisitos construtivos, através da uniformização de recursos e atividades da construção a desenvolver, sendo organizada em 43 divisões, distribuídas por 4 grupos (Pereira, 2013):

- Construção de instalações – Classes 1 a 16;
- Instalações de Serviços – Classes 21 a 28;
- Localização de obras e infraestruturas – Classes 31 a 35;
- Equipamentos – Classes 40 a 48.

Também o AIA pretendeu desenvolver um sistema de informação de forma a possibilitar desenvolver estimativas e análises de custos, contratando para o efeito uma consultora de custos, a *Hanscomb Associates*, do qual surgiu o modelo *Mastercost* (Charette *et al.*, 1999). Em simultâneo, a *General Services Administration* (GSA) desenvolvia um modelo com a mesma finalidade. Em cooperação, ambas as organizações conjugaram os seus trabalhos, produzindo o sistema UniFormat, que permite desenvolver descrições, análises económicas e gerir construções em todas as fases do seu ciclo de vida, desde o projeto até à demolição (Nunes, 2016).

A disposição deste sistema dá-se a partir de elementos transversais, a grande parte dos empreendimentos, estruturando-se hierarquicamente em 5 diferentes níveis, nos quais se vai aumentando a precisão dos custos da construção e aperfeiçoando a comunicação e controlo do projeto (Nunes, 2016).

O nível 1 é constituído por nove tabelas com os vários níveis de detalhe, tal como descrito na Tabela 5. Os restantes níveis classificam de forma mais rigorosa e pormenorizada os diferentes elementos. A vantagem da existência dos diferentes níveis prende-se com a possibilidade de orçamentar cada elemento isoladamente, sendo assim possível estudar as possibilidades existentes no mercado e, dessa forma, proceder à escolha das opções mais vantajosas e eficientes, tanto financeiras como construtivas (Nunes, 2016).

Tabela 5 - Tabelas de classificação UniFormat, adaptado de Nunes (2016).

Código	Nível de detalhe
-	Introdução
A	Infraestrutura
B	Divisão
C	Interiores
D	Serviços
E	Equipamentos e Mobiliário
F	Construção e Demolição Especial
G	Local de Construção
Z	Geral

O modelo UniFormat permite ainda a sua aplicação a modelos BIM, nos quais são previstos os diferentes constituintes dos elementos, não sendo necessário definir inicialmente as suas características (Pereira, 2015).

Com o intuito de atualizar o sistema CI/SfB, o comité *Construction Industry Project Information Committee* (CPIC) criou, em 1997, o sistema de classificação *Unified Classification for the Construction Industry*, o Uniclass, para a indústria AECO no Reino Unido, posteriormente atualizado para o Uniclass 2015, tratando-se de um sistema de classificação abrangente e multifacetado para toda a indústria, estruturado por múltiplas tabelas de classificação de objetos, independentemente da sua ordem de grandeza. A finalidade deste sistema é organizar toda a informação gerada na produção e execução de projetos de modo estruturado e sistematizado (Delany, 2017).

Este modelo apresenta múltiplos benefícios para todo o setor AEC, tais como (Delany, 2017):

- Sistema unificado, em que todos os elementos são classificados segundo esquemas padronizados;
- Tabelas organizadas hierarquicamente que classificam os objetos desde um campus universitário até um ladrilho cerâmico;
- Sistema de numeração flexível que permite a adaptação a futuras exigências de classificação;
- Base de dados de sinónimos que facilita a procura pela classificação necessária segundo a terminologia padrão da indústria;
- Informação gerada, disposta e recuperada ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

Para Delany (2017), o Uniclass 2015 é um sistema transversal a toda a indústria, englobando paisagens, infraestruturas, serviços de engenharia e o setor da construção em todas as fases do ciclo de vida dos projetos.

Nos Estados Unidos da América, com o crescimento da indústria AEC, o CSI, o CSC e o IAI desenvolveram o sistema de classificação Omniclass que surgiu com a compilação e otimização das funcionalidades de outros sistemas já existentes. Trata-se de um sistema para múltiplas aplicações, com maior ênfase na organização de informações referentes aos materiais e produtos e na estrutura de classificação por bases de dados (CSI, 2006).

Este sistema é constituído por tabelas, que isolam o tipo de informação a classificar a partir de um conjunto de tabelas coordenadas, em que cada uma contém informações organizadas, baseadas em aspetos específicos ou numa perspetiva geral da informação existente (CSI, 2006).

As tabelas existentes nos sistemas de classificação Omniclass e Uniclass encontram-se na Figura 9.

<i>OmniClass</i> Table 11 – Construction Entities by Function	<i>Uniclass</i> Table D – Facilities
<i>OmniClass</i> Table 12 – Construction Entities by Form	<i>Uniclass</i> Table E – Construction Entities
<i>OmniClass</i> Table 13 – Spaces by Function	<i>Uniclass</i> Table F – Spaces
<i>OmniClass</i> Table 14 – Spaces by Form	<i>Uniclass</i> Table F – Spaces
<i>OmniClass</i> Table 21 – Elements	<i>Uniclass</i> Table G – Elements for Buildings <i>Uniclass</i> Table H – Elements for Civil Engineering Works
<i>OmniClass</i> Table 22 – Work Results	<i>Uniclass</i> Table J – Work Sections for Buildings <i>Uniclass</i> Table K – Work Sections for Civil Engineering Works
<i>OmniClass</i> Table 23 – Products	<i>Uniclass</i> Table L – Construction Products
<i>OmniClass</i> Table 31 – Phases	<i>Uniclass</i> Table C – Management (<i>in part</i>)
<i>OmniClass</i> Table 32 – Services	<i>Uniclass</i> Table B – Subject Disciplines
<i>OmniClass</i> Table 33 – Disciplines	<i>Uniclass</i> Table B – Subject Disciplines
<i>OmniClass</i> Table 34 – Organizational Roles	<i>Uniclass</i> Table C – Management (<i>in part</i>)
<i>OmniClass</i> Table 35 – Tools	<i>Uniclass</i> Table M – Construction Aids
<i>OmniClass</i> Table 36 – Information	<i>Uniclass</i> Table A – Forms of Information
<i>OmniClass</i> Table 41 – Materials	<i>Uniclass</i> Table P – Materials
<i>OmniClass</i> Table 49 – Properties	<i>Uniclass</i> Table N – Properties and Characteristics

Figura 9 - Tabelas de classificação Omniclass e Uniclass (CSI, 2006).

3.2.2. ProNIC

Inserido no Programa Operacional Sociedade do Conhecimento, o Instituto da Construção, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto desenvolveram o Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC), com o intuito de normalizar todo o processo construtivo e, assim, combater os problemas de incumprimento de prazos e orçamentos, como aumentar a segurança e a qualidade das construções (Sousa, 2015).

Desta forma, foi gerada uma base de dados informatizada, contendo as informações técnicas sobre os trabalhos a desenvolver em edifícios e infraestruturas, bem como especificações técnicas dos materiais, procedimentos de fabrico, previsões de custos a partir dos materiais, equipamentos e recursos. A articulação de todos estes dados, aplicados no processo construtivo de uma edificação ou infraestrutura, possibilitam (Campos, 2014):

- Criar um mapa de quantidades e trabalhos exclusivo, relativo a todo o projeto, possibilitando a criação de mapas parcelares, por especialidades, capítulos de base de dados ou até por divisões específicas à construção;
- Gerar mapas de medições;
- Produzir estimativas orçamentais a partir de valores de referência;
- Elaborar, de forma automática, especificações técnicas gerais dos cadernos de encargos;
- Organizar a documentação dos projetos em conformidade com as alterações legislativas;
- Trabalhar em ambiente colaborativo;
- Confrontar e comparar propostas;
- Obter indicadores a partir das bases de dados;
- Gerir trabalhos associados;
- Conceber autos mensais, incluindo informação precedente, com carregamento de documentos.

O projeto ProNIC viabiliza as possibilidades supracitadas a partir de elementos de informação, recorrendo a funcionalidades informáticas. Na Figura 10 apresenta-se o processo de criação dos múltiplos *outputs* gerados.

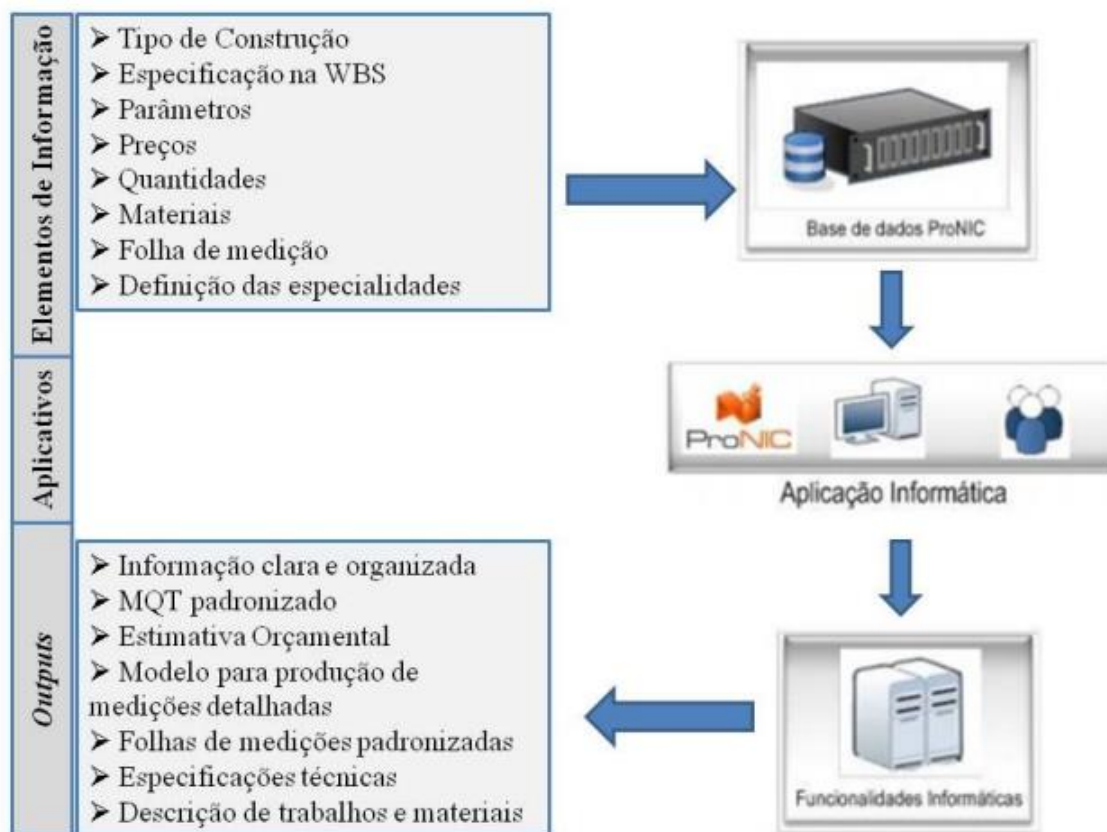


Figura 10 - Processo de criação de *outputs* do ProNIC (Sousa, 2015).

Para Pereira (2015), o ProNIC possibilitará a gestão do ciclo de vida das construções, proporcionando um conjunto acrescido de indicadores para a monitorização, desde as particularidades de cada obra até à globalidade da indústria da AECO, com elevado grau de pormenorização.

Este modelo, que inicialmente foi criado para sistematizar as informações em cada fase do ciclo de vida dos projetos, tem hoje uma aplicabilidade mais transversal a todo o processo construtivo, com inúmeras contribuições em vários níveis (Sousa, 2015).

3.3. BIM na Gestão de Projetos

Segundo Bryde *et al.* (2013), os desenvolvimentos da metodologia BIM tornaram-se proveitosos não apenas para a modelação geométrica, mas também para a gestão de projetos. Sendo o BIM uma metodologia de apoio à gestão eficiente de informações, também se poderá assumir como uma metodologia para gestão de projetos (Travaglini *et al.*, 2014).

A elaboração de projetos de acordo com a metodologia BIM, decorre de forma integrada entre todos os intervenientes do projeto, que criam variadas informações, de diferentes especialidades, contidas numa única base de dados (Marciso *et al.*, 2017). Para Mohandes and Marsono (2015), um projeto será gradualmente mais coordenado e inteligente à medida que o detalhe das informações BIM do edifício aumenta.

O desenvolvimento de projetos de construção necessita da coordenação de todos os intervenientes envolvidos de forma a atingir os objetivos definidos, portanto, o objetivo da gestão de projetos é garantir que todos os profissionais e especialistas são incluídos na equipa de projeto nos momentos em que a sua contribuição é necessária. Desta forma, é preponderante estruturar detalhadamente a implementação do BIM ao longo de todas as etapas do projeto, de modo a garantir que o conhecimento e experiência de cada interveniente é acrescentada ao projeto de forma clara (Chartered Institute of Building, 2014).

A colaboração entre os demais agentes do projeto, em equipa interdisciplinar, permite organizar o processo do projeto e de construção, tendo em vista padronizar a troca de informações de forma a minimizar a perda de informação entre especialidades. Esta padronização, associada à colaboração entre os intervenientes do projeto, permite definir as diretivas a ter em conta na conceção do projeto, nomeadamente os modelos a produzir, os responsáveis por cada especialidade, o coordenador de todo o processo, a forma de representar as diferentes necessidades e quais as informações a inserir em cada fase do ciclo de vida do empreendimento (Checcucci *et al.*, 2011).

De acordo com Marciso *et al.* (2017), o BIM promove o desenvolvimento de aplicações para a gestão de projetos e da própria construção, devido ao controlo de todas as fases de projeto e de execução e à distribuição das tomadas de decisão. Para além dos benefícios diretos da utilização desta metodologia, também os setores adjacentes são abrangidos pelas suas vantagens, em virtude da maior eficácia e eficiência com que se obtêm os objetivos traçados, tanto para a construção em si, como para o dono da obra.

Com a metodologia BIM, o desenvolvimento de projetos será focado em modelos tridimensionais parametrizados, permitindo detetar erros e omissões de forma mais automatizada e seletiva, a partir de sistemas especificados, existindo controlo de conflitos entre as diversas especialidades do projeto (Eastman *et al.*, 2011).

O BIM apresenta ainda múltiplos benefícios na gestão de instalações, tais como a gestão de documentação sobre as instalações e património já existentes, informações sobre manutenção dos serviços, avaliação e monitorização ou gestão de energia (Volk *et al.*, 2014).

Recorrendo a 35 casos relacionados com o uso do BIM, Bryde *et al.* (2013) desenvolveu um estudo sobre as vantagens e desvantagens da sua utilização, de acordo com as áreas de conhecimento da gestão de projetos supracitadas, estruturando os resultados por benefícios positivos e negativos. Na Figura 11 são apresentados os resultados obtidos do estudo, para as diversas áreas de conhecimento.

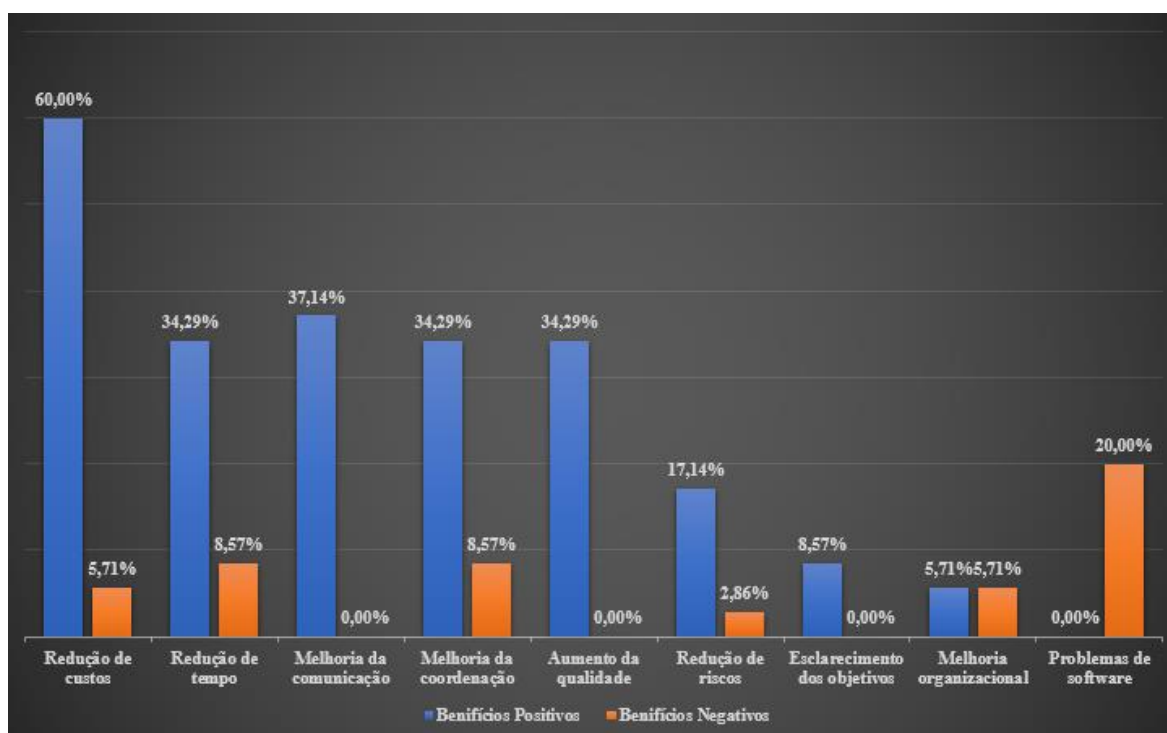


Figura 11 - Critérios de sucesso do uso BIM, adaptado de Bryde *et al.* (2013).

Como resultado deste estudo, Bryde *et al.* (2013) considera que a metodologia BIM é uma ferramenta eficaz para a gestão de projetos, otimizando vários pontos fulcrais, tais como a redução de custos e tempo e as melhorias na comunicação, na coordenação e na qualidade do projeto. Como aspetos negativos apenas foram identificados problemas

relacionados com o *software* ou *hardware*, sendo, em larga escala, bastante menores e menos relevantes que os aspetos positivos da utilização do BIM.

Para a correta aplicação do BIM na gestão de projetos, é imperativo a estrita colaboração entre todos os agentes envolvidos, tratando-se de um elemento central em todo o ciclo de vida de projetos de construção (Van Gassel *et al.*, 2014). A colaboração em projetos de construção está estritamente ligada às constantes comunicações e permuta de informações por parte de todos os intervenientes (Oraee *et al.*, 2017).

De forma a aperfeiçoar a colaboração em projetos de construção com recurso ao BIM, surgiu o *BIM-based Construction Networks* (BbCNs), como centro de colaboração entre os agentes das diversas especialidades designadas em cada projeto, de forma a obter o objetivo final (Oraee *et al.*, 2017).

O BbCNs estrutura a colaboração em cinco antecedentes, denominado por “Pentágono de Colaboração”, como representado na Figura 12. São eles (Oraee *et al.*, 2017):

- Tarefa – Caracteriza os trabalhos de cada atividade do BIM a executar;
- Processo – Pretende, através da tecnologia, converter recursos em produtos e serviços;
- Equipa – Aborda o sistema relacional comum do BbCNs;
- Ator - Refere-se ao desempenho dos agentes envolvidos nos trabalhos a realizar;
- Contexto – Representa o ambiente exclusivo no qual todos os antecedentes identificados se desenvolvem.

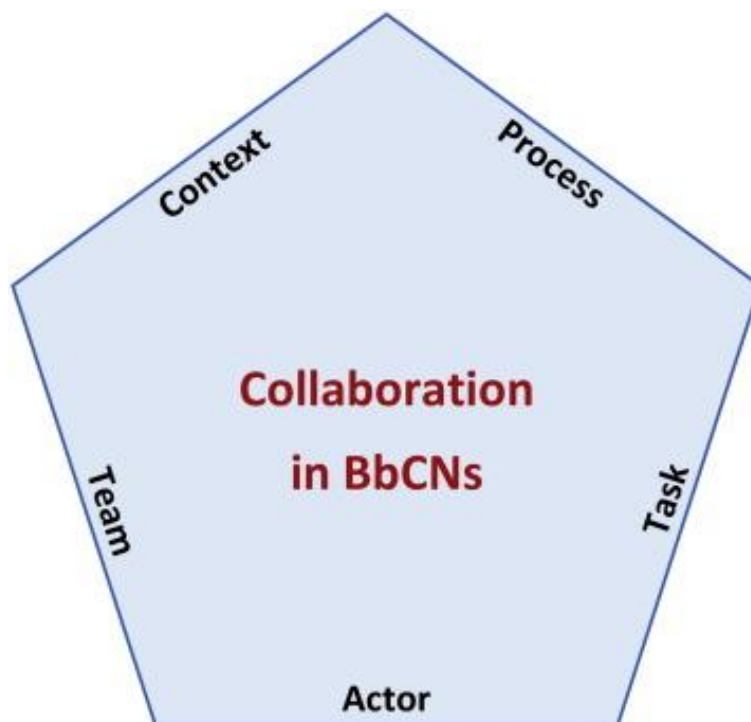


Figura 12 - Pentágono de colaboração (Oraee *et al.*, 2017).

A integração da metodologia BIM permite assim, aumentar o rigor das construções e melhorar todos os processos intrínsecos aos seus processos, bem como a gestão de todo o projeto em analogia com os métodos correntes (Poças, 2015).

Nos capítulos seguintes descreve-se a aplicação da metodologia BIM à gestão do projeto de uma habitação unifamiliar, de forma a verificar os pressupostos descritos nos capítulos anteriores.

Capítulo 4

Caso de Estudo

4. Caso de Estudo

Para analisar a integração da metodologia BIM na gestão de projetos, procedeu-se à seleção de um projeto desenvolvido com recurso às metodologias tradicionais CAD 2D sem qualquer utilização de modelos BIM.

Neste capítulo será descrito o caso de estudo definido para aplicação das competências BIM, bem como a criação do respetivo modelo virtual, de forma a posteriormente se analisar as suas valências associadas à gestão de projetos de edifícios.

Foram obtidas, em formato CAD, as plantas desenvolvidas para a execução de projeto, nomeadamente as plantas de arquitetura, estabilidade, águas e esgotos, eletricidade, telecomunicações, AVAC e gás. Todas estes dados foram a base de partida para a modelação em formato BIM do projeto, tal como para o estudo da compatibilização das diferentes especialidades.

A aplicação das funcionalidades BIM em projetos de grande escala é reconhecidamente proveitosa para as organizações e empresas da indústria AECO. Contudo, não existem informações relevantes quanto à aplicação rentável em projetos de menor proporção. De acordo com as previsões para 2018 da FEPICOP (2017), o segmento da construção de edifícios deverá aumentar em 7,0% em relação ao ano anterior, constituindo mesmo o principal impulso para o crescimento do setor da construção em 2018.

Desta forma, a escolha do caso de estudo recaiu sobre um edifício residencial de menor escala, de modo a avaliar a aplicabilidade da metodologia BIM a este tipo de edifícios e especialmente à respetiva gestão do projeto.

4.1. Descrição

O edifício selecionado como caso de estudo foi uma moradia unifamiliar, de três pisos, distribuídos por cave, rés-do-chão e primeiro andar, existindo ainda uma subcave, onde se localiza a casa de máquinas da piscina. A área total bruta de construção é de cerca de 180 m².

O projeto contempla uma solução estrutural de betão armado, com alvenaria dupla de tijolo, revestida com reboco e com isolamento térmico de caixa-de-ar.

Os elementos de fundação são diretos, constituídos por sapatas isoladas de betão armado, interligados por lintéis de fundação. Os lintéis de fundação têm um perfil de 0.30m x 0.40m. As dimensões das sapatas são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Tabela de Sapatas

Sapata	Dimensões da Sapata (m)		
	X	Y	H
SCX	3.50	2.80	0.90
S1, S2, S8, S9, S10, S15 e S19	1.80	1.30	0.70
S3	1.20	1.60	0.50
S6 e S16	1.50	2.20	0.70
S11	2.30	1.60	0.80
S12 e S17	2.00	3.00	0.80
S13	1.00	1.00	0.50

Os pilares estruturais são de betão armado de classe C20/25, armados com aço de classe A400 NR. Na Tabela 7 apresenta-se a tipologia geométrica dos pilares.

Tabela 7 - Tabela de Pilares.

Pilares	Dimensões do Pilar (m)	
	X	Y
P1 e P8	0.40	0.30
P2 e P15	0.50	0.30
P3, P6, P7, P12, P13, P17-CAVE, P18 e P19	0.30	0.50
P4 e P5	0.20	0.80
P9, P10 e P11	0.30	0.30
P14	0.30	0.40
P16	0.30	0.80
P17 – Restantes Pisos	0.40	0.50
P12	0.20	0.20

As vigas são em betão C20/25, armadas com aço de classe A400, sendo apresentados na Tabela 8 as dimensões das respetivas secções.

Tabela 8 - Tabela de Vigas.

Vigas	Dimensões do Viga (m)	
	X	Y
V1, V3, V4, V5, V6a, V7, V8, V9, V10 e V11	0.30	0.50
V2a	0.20	0.50
V6	0.50	0.75
V12	0.20	0.40

Os pavimentos térreos exteriores são executados em cubos de granito de 0.10m x 0.10m, havendo ainda áreas reservadas a jardim.

A estrutura da cobertura é composta por vigotas pré-esforçadas apoiadas em paredes de alvenaria de tijolo com 0.15m de espessura. O revestimento é em telha cerâmica.

Relativamente aos equipamentos mecânicos aplicados, o projeto fornecido não inclui quaisquer informações específicas sobre as suas características ou produtor, estabelecendo apenas o seu local de aplicação.

4.2. Software Utilizados

Para o desenvolvimento do caso de estudo procedeu-se à utilização do *software* Autodesk Revit 2018, utilizado para a criação dos modelos de arquitetura, estrutural, abastecimento e drenagem de águas do projeto.

A decisão de escolha sobre a utilização deste *software*, em detrimento de outros com as mesmas funcionalidades, deve-se ao facto de ser o mais utilizado, bem como à sua interoperabilidade com um número significativo de outros *software*, conforme se apresenta na Figura 13.

O Revit, produto da empresa Autodesk, é um *software* destinado à criação de Modelos de Informação de Construção, ou seja, para utilização na metodologia BIM. Desde 2013 passou a aglomerar numa única versão as três vertentes existentes do *software*, Revit Architecture, Revit MEP e Revit Structure (Autodesk, 2018).

Assume-se como uma plataforma colaborativa BIM, onde todos os agentes envolvidos nos projetos trabalham numa plataforma unificada, simultaneamente num modelo partilhado.

A interoperabilidade do *software* Revit estende-se a múltiplos formatos, apresentados na Figura 13, permitindo ainda a interface direta com *software* de análise de estruturas, nomeadamente o ROBOT e o RISA.

De acordo com Eastman *et al.* (2011), o Revit possui uma interface de utilização clara, facilitando a produção, edição e extração de modelos, possuindo uma vasta biblioteca de famílias de objetos para a completa edição de modelos de arquitetura, estruturais e de MEP's.

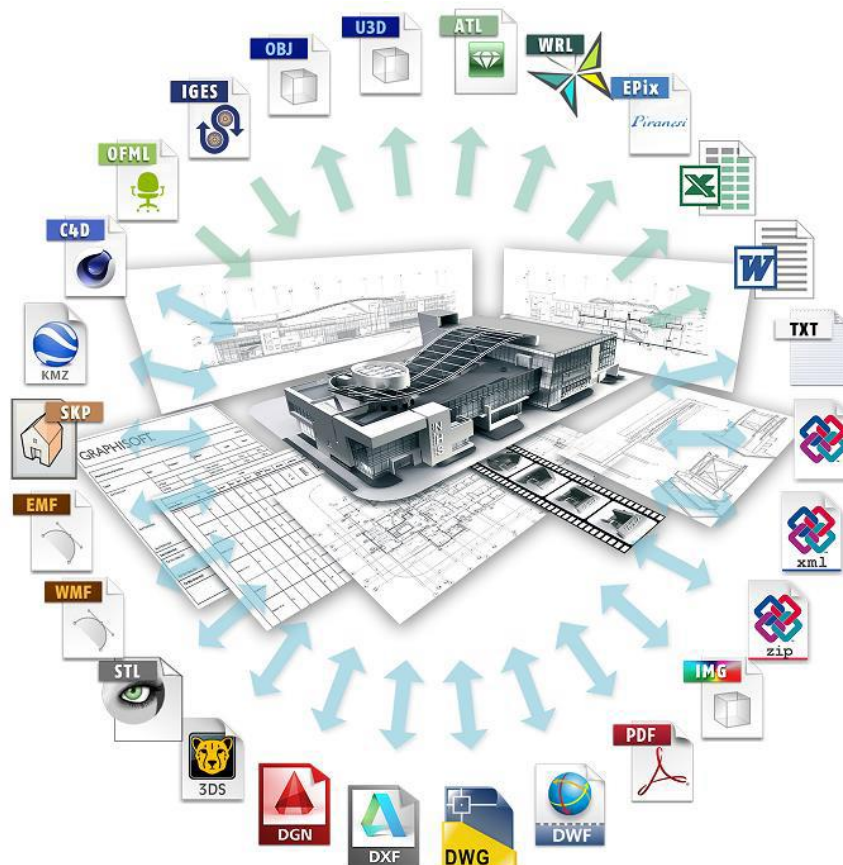


Figura 13 - Interoperabilidade do *software* Revit (Zaccari, 2018).

Para a detecção de incompatibilidades do modelo desenvolvido utilizou-se o software Autodesk Navisworks Manage 2018.

Tal como o Revit, trata-se de um produto concebido pela Autodesk, tratando-se de um software de revisão de projetos através da análise e coordenação de informações das diferentes especialidades de projetos BIM. Combinando múltiplas disciplinas de cada projeto em um modelo único, permite aos seus utilizadores detetar de forma automática as incompatibilidades existentes e possibilita a gestão dos conflitos encontrados durante a fase de pré-construção do projeto (Autodesk Navisworks, 2018).

A escolha deste *software* para a detecção de incompatibilidades deveu-se à sua interoperabilidade com o *software* Autodesk Revit.

4.3.Criação do Modelo Virtual

O modelo foi elaborado de acordo com as etapas de execução do projeto, isto é, os elementos estruturais foram criados de acordo com as fases de realização em obra, com o intuito de otimizar o planeamento das fases construtivas. Tal como descrito no subcapítulo anterior, o *software* utilizado foi o Autodesk Revit 2018.

O LOD definido para a criação do modelo virtual foi o LOD 350, tratando-se do nível de desenvolvimento para a coordenação de todas as especialidades desenvolvidas no modelo (BIMForum, 2017).

O primeiro passo para a criação do modelo foi a criação dos níveis referentes ao projeto. De acordo com as plantas fornecidas criaram-se cinco níveis, conforme indicado na Tabela 9.

Tabela 9 - Níveis do modelo virtual

Nível	Planta 2D Correspondente	Cota (m)
Nível 0 – SUB-CAVE	Sub-Cave	- 3.35
Nível 1 – Cave	Cave	0.00
Nível 2 – R/C	Rés do Chão	3.00
Nível 3 – 1º Andar	1º Andar	6.00
Nível 4 - Cobertura	Cobertura	9.00

Na Figura 14 apresenta-se a disposição dos níveis criados.

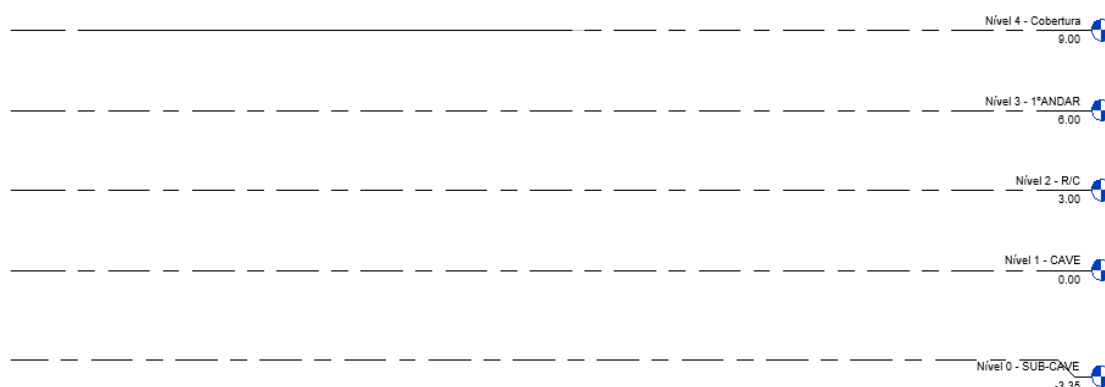


Figura 14 - Níveis do modelo virtual.

De seguida foram importados os ficheiros *AutoCad* referentes a cada um dos níveis, através do comando “Importar CAD” do menu “Inserir”.

Com as plantas já disponíveis foram modeladas as fundações descritas na Tabela 6, através do comando “Fundação Isolada” do menu “Estrutura”. Devido à não existência de modelos retangulares na biblioteca já disponível no modelo de trabalho, recorreu-se à biblioteca “Portuguese_INTL”, descarregada simultaneamente com o *software* Revit 2018, para obter o modelo de sapatas “M_Sapata-Retangular”. Tendo em conta a não especificação exata da profundidade de implementação das referidas fundações, optou-se pela colocação à profundidade mínima descrita nas peças desenhadas fornecidas, ou seja, nos 0,50 metros de profundidade. Também foram incluídas sapatas de suporte, existentes nos muros de suporte, através do comando “Fundação Parede” do menu “Estrutura”. O próprio *software* já possuía famílias de fundações de parede, pelo que apenas foi necessário alterar as propriedades de acordo com as dimensões requeridas. Na Figura 15 apresenta-se a disposição dos elementos de fundação criados no modelo virtual.

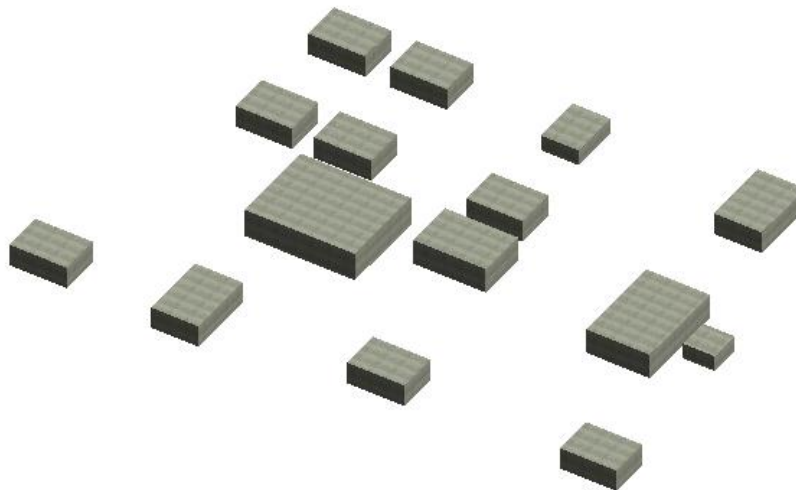


Figura 15 - Elementos de Fundações do Modelo Virtual.

Para a realização dos pilares foi utilizado o mesmo processo, sendo também necessário recorrer à biblioteca “Portuguese_INTL” para aceder ao modelo de pilares “M_Concreto-Retangular-Coluna”, desenvolvendo os pilares supracitados de acordo com as dimensões descritas na Tabela 7. O processo efetuou-se através do comando “Coluna” do menu “Estrutura”.

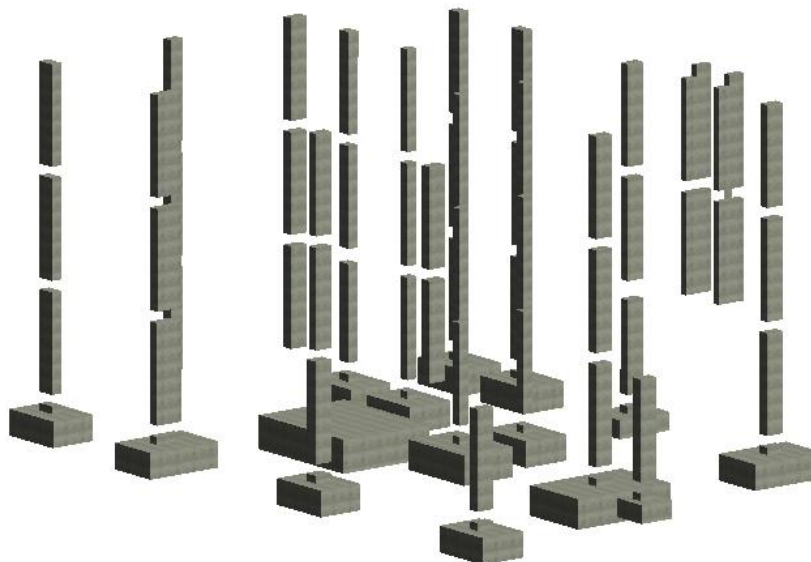


Figura 16 - Elementos de Fundações e Pilares do Modelo Virtual.

A adição das vigas fez-se a partir do comando “Viga” do menu “Estrutura”. Mais uma vez foi necessário proceder ao carregamento a partir da biblioteca digital “BIMObject” do modelo de viga “RB-BEAMS-CRHConcrete”. Também os lintéis de fundação entre as sapatas foram introduzidos com este modelo.

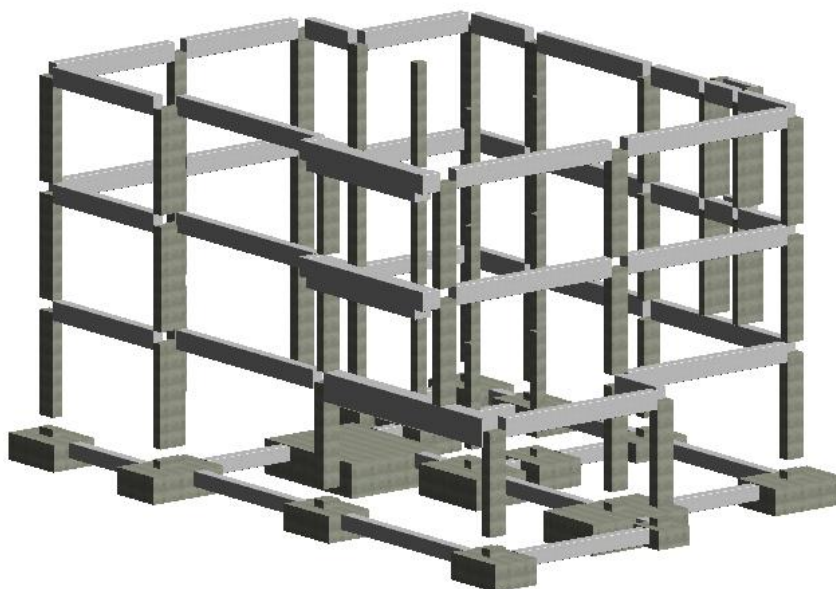


Figura 17 - Elementos de Fundações, Pilares e Vigas do Modelo Virtual.

Para a inclusão das lajes foi utilizado o comando “Piso” do menu “Estrutura”, sendo criadas a partir dos modelos de laje já existentes na biblioteca do *software*. Este passo foi utilizado não só para os pisos do edifício como para os pisos exteriores e para o piso da piscina.

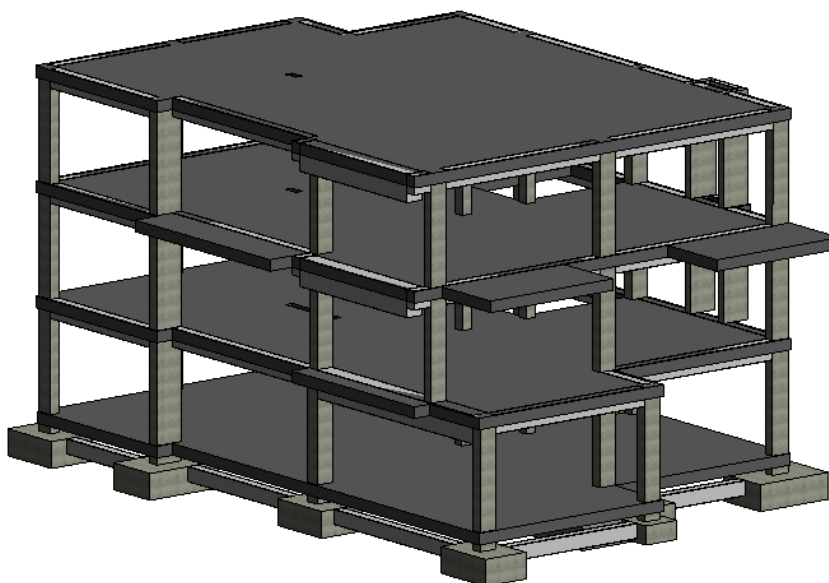


Figura 18 - Elementos de Fundações, Pilares, Vigas e Pisos do Modelo Virtual.

Terminado o modelo estrutural, deu-se início à inclusão dos elementos de arquitetura.

Adicionaram-se as paredes, através do comando “Parede” do menu “Arquitetura”. Este comando permitiu também modelar os muros de suporte. As famílias das paredes existentes foram adaptadas às dimensões e materiais a utilizar.

As portas e as janelas foram acrescentadas ao modelo através dos comandos “Porta” e “Janela”, respetivamente, do menu “Arquitetura”. A generalidade das famílias necessárias foram adaptadas a partir das existentes na biblioteca “Portuguese_INTL”. Contudo, devido às especificidades de uma das janelas foi necessário recorrer a uma biblioteca online para descarregar um modelo que correspondesse às necessidades requeridas. Procedeu-se assim ao download, através da biblioteca “BIMObject” (BIMObject, 2018), do modelo “Window-Endevent-Simonton-Reflections_5500-Fin-192”, por se tratar do modelo mais idêntico ao definido no projeto relativamente às suas dimensões.

A execução do telhado foi efetuada em quatro diferentes fases. Inicialmente incluiu-se a estrutura do telhado, através do comando “Telhado por perímetro” do menu “Arquitetura”. De seguida foi implementada a superfície da cornija, utilizando o comando “Telhado: sofito”, também do menu “Arquitetura”. Posteriormente foram modelados os sistemas de vigas, utilizando como plano de trabalho as inclinações já existentes do telhado por perímetro. Para tal foi utilizado o comando “Sistema de vigas” do menu “Estrutura”. A última fase corresponde à colocação das calhas de drenagem de água pluvial, recorrendo ao

comando “Telhado: calha” do menu “Arquitetura”. Todos os elementos necessários para a execução do telhado foram acedidos a partir das famílias existentes no *software*.

As escadas foram introduzidas no modelo de acordo com a sua disposição no projeto de arquitetura, recorrendo ao comando “Escada” do menu “Arquitetura”, utilizando a família “Escadas moldadas no local” e alterando as propriedades do número de espelhos desejados, profundidade real e largura real do lance de escada de acordo com as dimensões definidas nos projetos facultados. A colocação das escadas interiores do edifício necessitou que se procedesse ao corte dos pisos no local de implantação, que foi efetuado através do comando “Editar limite” do menu “Modificar | Pisos”.

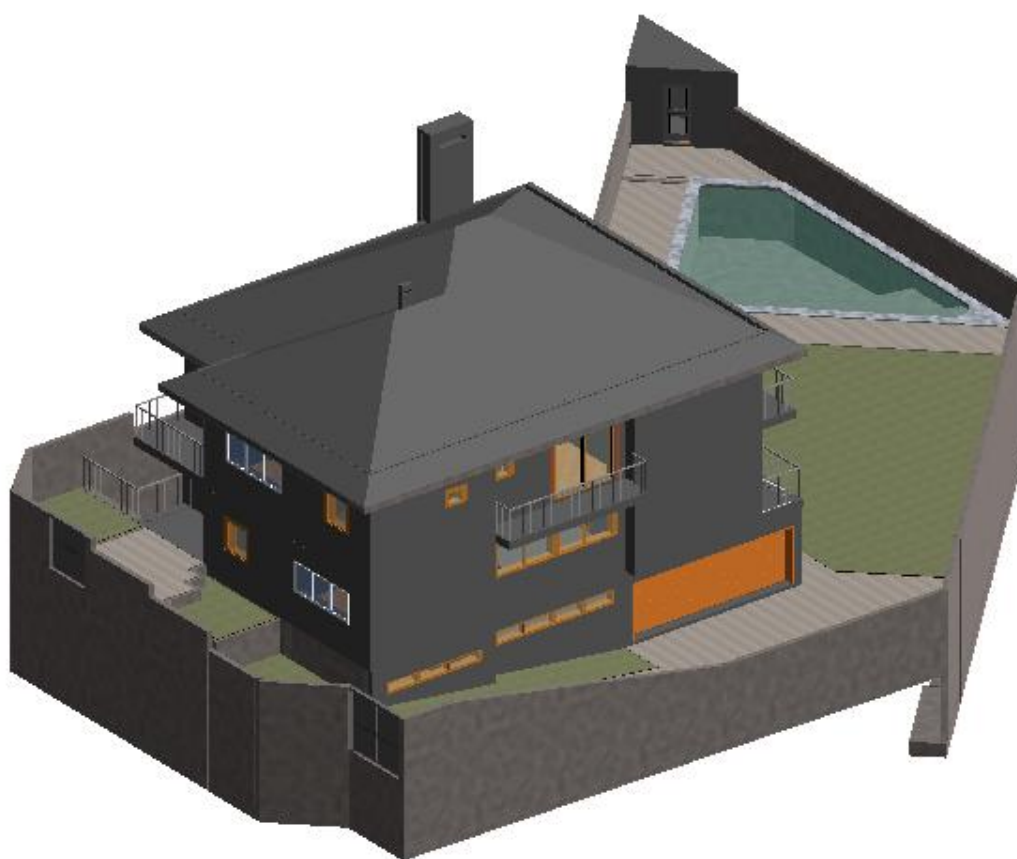


Figura 19 - Modelo virtual de arquitetura do caso de estudo.

Após a modelação dos elementos arquitetónicos, foi desenvolvido o projeto das redes de abastecimento de águas.

O primeiro passo para a modelação desta especialidade passou pela adição dos equipamentos existentes no projeto ao modelo virtual. Devido à limitação da biblioteca existente no *software*, optou-se por recorrer à biblioteca online “BIMObject” e descarregar

os dispositivos necessários. Todos os equipamentos sanitários escolhidos são produtos da marca portuguesa “ROCA”. Devido à não existência de qualquer marca portuguesa com modelos desenvolvidos dos restantes equipamentos, recorreu-se aos existentes na biblioteca online que mais se aproximavam dos modelos descritos no projeto da especialidade, em AutoCad. Na Tabela 10 são apresentados todos os equipamentos descarregados para a concepção do modelo virtual.

Tabela 10 - Equipamentos utilizados no modelo virtual.

Equipamento	Modelo	Marca
Lavatório	Unik (base unit with two drawers and basin) – Gloss White - Prisma	ROCA
	Unik (base with six drawers and double bowl basin) – Gloss White - Debba	
Bidé		ROCA
Sanita	Vitreous china Wall – hung WC – horizontal outlet – white – The Gap	ROCA
Banheira	Retangular acrylic bath – White - Hall	ROCA
Base Chuveiro	Superslim STONEX shower tray with fram 1000x700 - Terran	ROCA
Chuveiro	Wall-mounted bath-shower mixer with automatic diverter with retention, 1.70m flexible shower hose - Brava	ROCA
Lava Loiça	Stainless Steel Optic C71-F765-05 sink combi 370/370 Select	hansgrohe
Máquina Lavar Loiça	Dishwasher-Kenmore-Built- In_Dishwasher_with_Removable_Third_Rack_24in	Kenmore Direct
Máquina Lavar Roupa	Laundry_Equipment-Washer-Continental_Girbau- LG_Platinum-On_Premise	Continental Girbau

Todos estes objetos foram carregados no projeto através do comando “Carregar família”, em “Conexão de hidráulica”, do menu “Sistemas”. Após o *upload* dos modelos, foram ajustadas as características geométricas e os diâmetros de acesso de tubulação de acordo com os dados definidos no projeto fornecido.

Terminada a colocação dos aparelhos necessários procedeu-se à inclusão das caixas de parede. Devido à não existência de nenhum modelo disponível na biblioteca do *software* e dos modelos disponibilizados nas bibliotecas online não corresponderem às necessidades expostas no projeto, optou-se pela criação de uma nova família.

Para a criação da família, intitulada “Caixas de Visita”, efetuou-se o carregamento da família “Modelo genérico métrico”, através do comando “Novo – Família” do menu “Arquivo”. De seguida determinaram-se as unidades de referência, através do comando “UN”, definindo a unidade linear como metro. Depois foram adicionados os planos de referência necessários, através do comando “Plano de referência” do menu “Criar”. Posteriormente cotaram-se os planos de referência utilizando o comando “Cota alinhada” do menu “Anotar” e de seguida adicionaram-se parâmetros a cada cota, que possibilitam a edição após a conclusão da criação da família, permitindo a sua utilização em qualquer projeto de acordo com as necessidades requeridas. A adição dos parâmetros de cotas efetuou-se através do comando “Criar parâmetro” do menu “Modificar | Cotas”. Os parâmetros criados são apresentados na Figura 20, em que X e Y corresponde à largura e altura, respetivamente, da caixa de parede.

Propriedades de tipo

Família: Carregar...

Tipo: Duplicar...

Renomear...

Parâmetros de tipo

Parâmetro	Valor
Cotas	
Profundidade	0.2000
X	0.5000
Y	0.1000
Dados de identidade	
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Modelo	
Fabricante	
Comentários de tipos	
URL	
Descrição	
Código de montagem	
Custo	
Descrição de montagem	
Marca de tipo	
Número OmniClass	
Título OmniClass	
Nome do código	

<< Visualizar OK Cancelar Aplicar

Figura 20 - Parâmetros da família "Caixas de Visita".

Após a criação dos parâmetros de referência, executou-se o elemento equivalente às caixas de parede, através do comando “Extrusão” do menu Criar”, a partir dos planos de referência previamente definidos. Por último adicionaram-se os conectores necessários para a ligação às redes de abastecimento de água, através do comando “Conectores de tubulação” do menu “Criar”. Todos os parâmetros dos conectores, nomeadamente o diâmetro e a direção do fluxo, permitem a posterior edição, possibilitando a sua utilização em qualquer modelo.

Finalizada a criação da família das caixas de parede, procedeu-se à sua colocação no modelo virtual, através do comando “Componente” do menu “Estrutura”. Na Figura 21 apresenta-se o modelo tipo da família “Caixas de visita”.

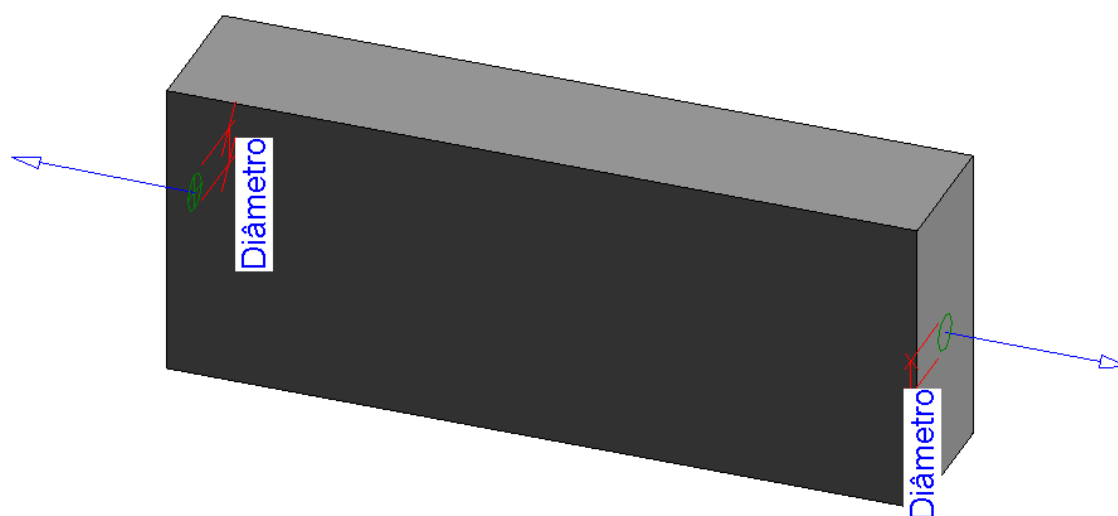


Figura 21 – Modelo da família “Caixas de visita”.

Terminada a criação e inclusão das caixas de parede, procedeu-se à modelação das redes de abastecimento, nomeadamente de água quente e água fria. A seleção dos equipamentos de tubulação e das conexões necessárias não foi possível a partir das bibliotecas do *software* nem das bibliotecas online. A solução encontrada para aceder às famílias necessárias passou pelo carregamento de um projeto disponível no fórum “Revit MEP - Brasil” que possuía todos os elementos requeridos. Na Tabela 11 são descritos todos os equipamentos utilizados.

Tabela 11 - Equipamentos de abastecimento de água utilizados no modelo virtual.

Equipamento	Modelo	Marca
Caldeira	Boiler 200 Litros	-
Contador	Hidrômetro-simples com conectores	-
Torneira de seccionamento	Resgistro Esfera VS Compacto – Água Fria - MEP	Tigre S.A.
Canalização – PVC 10 PN1	Tubo Branco – Água Fria – Roscável	Tigre S.A.
Canalização - PEX	Tubo PEX Monocamada – Água Fria/Quente	Tigre S.A.
Conexão de tubulação	Joelho 45_90 – PEX – Água Fria_Quente – MEP	Tigre S.A.
	Te Rosca Macho – PEX – Água Fria_Quente – MEP	Tigre S.A.
	Distribuidor 3 Saidas – PEX – Água Fria_Quente - MEP	Tigre S.A.
	Cruzeta – Tigrefire – MEP	Tigre S.A.

A caldeira foi introduzida através do comando “Conexão hidráulica” do menu “Sistemas”. O contador e as torneiras de seccionamento foram introduzidos a partir do comando “Acessório de tubulação” do menu “Sistemas”. As caixas de parede foram adicionadas através do comando “Inserir um componente” do menu “Estrutura”.

Após a inclusão dos referidos elementos no modelo virtual, procedeu-se ao traçado da canalização da rede de abastecimento de água fria, através do comando “Tubo” do menu “Sistemas”. Todas as conexões de tubulação foram criadas automaticamente aquando do traçado da rede. O traçado da canalização da rede de abastecimento de água quente efetuou-se da mesma forma que o abastecimento de água fria, sendo apenas necessário alterar as propriedades em “Tipo de sistema”. O traçado das redes entre as caixas de visita e os equipamentos efetuou-se em tubulação flexível PEX, através do comando “Tubulação flexível” do menu “Sistemas”.

O modelo virtual da rede de abastecimento de águas é apresentado na Figura 22.

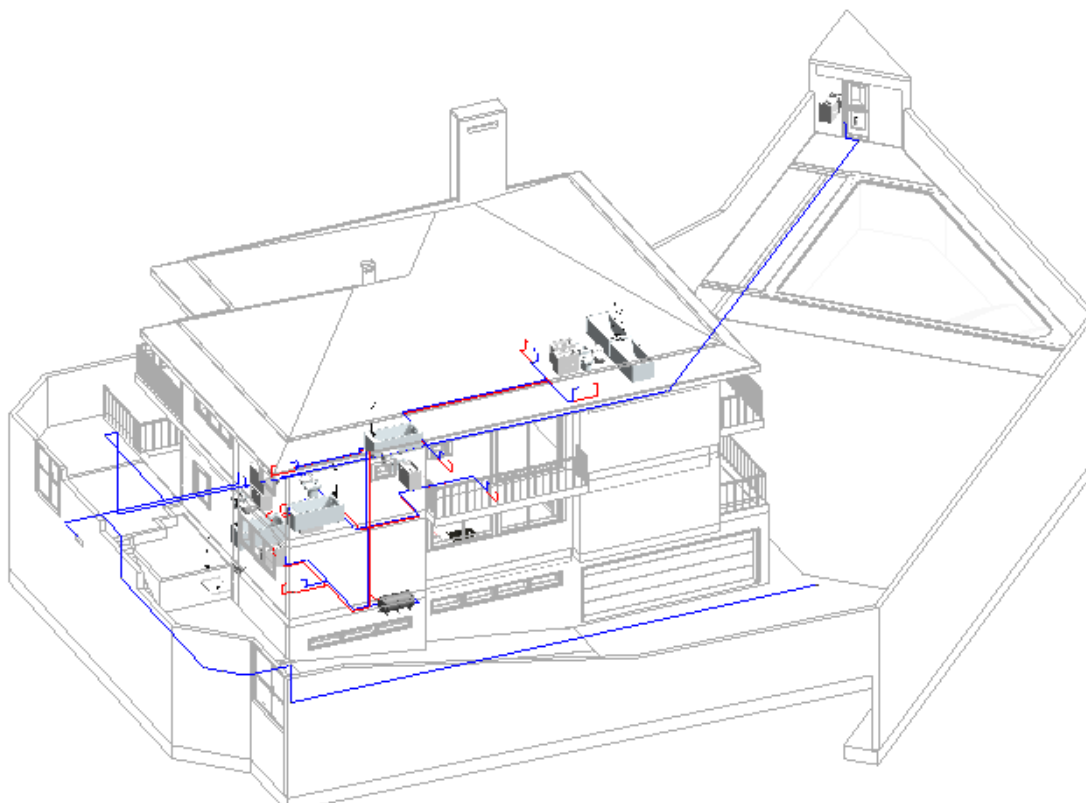


Figura 22 - Modelo virtual do projeto de abastecimento de águas.

Relativamente à produção do modelo de drenagem de águas, o primeiro passo efetuado foi a colocação das caixas de visita de esgoto pluvial e de esgoto doméstico, das caixas de pavimento e dos ralos sifonados de pavimento. Também neste processo foram utilizadas as famílias descarregadas a partir do projeto disponível no fórum “Revit MEP - Brasil”, recorrendo ao comando “Conexão hidráulica” do menu “Sistemas”.

Os equipamentos utilizados no modelo virtual de drenagem de águas são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Equipamentos de drenagem de água utilizados no modelo virtual.

Equipamento	Modelo	Marca
Caixa de visita	Caixa de Inspeção_R00	-
Caixa de pavimento	Caixa Sifonada Girafacil Montada Completa e Antiespuma – Caixas e Ralos - Esgoto	Tigre S.A.
Ralo sifonado de pavimento	Ralo quadrado montado com Prolongador – Caixas e Ralos - Esgoto	Tigre S.A.
Canalização	Tubo – Esgoto – Série Normal	Tigre S.A.
Tubo de queda	Tubo – Esgoto – Série Normal	Tigre S.A.

Posteriormente foram incluídas as tubulações da rede de esgoto, bem como os tubos de queda, a partir do comando “Tubo” do menu “Sistemas”.

O modelo virtual da rede de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais é apresentado na Figura 23.

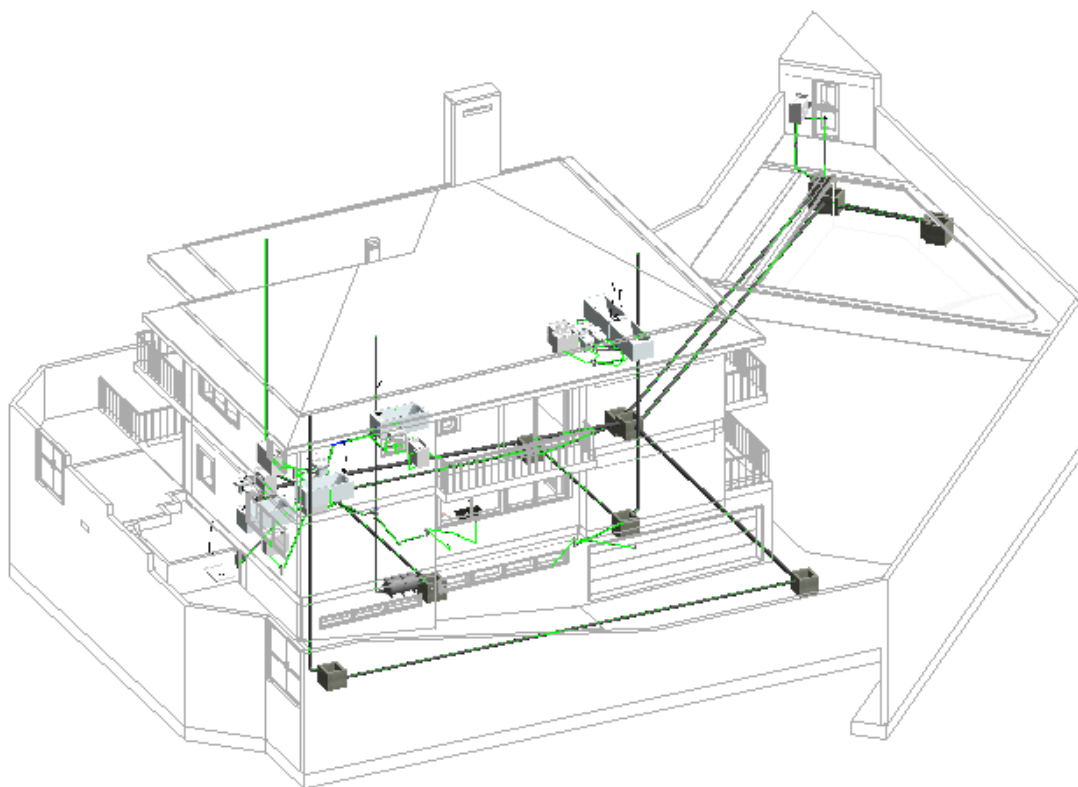


Figura 23 - Modelo virtual do projeto de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais.

4.3.1. Descrição de Incompatibilidades

A partir da elaboração do modelo estrutural e do modelo de arquitetura através do *software* Autodesk Revit 2018 foram detetadas incompatibilidades entre esses projetos, previamente fornecidos.

As incompatibilidades registadas nos pilares consistiram na verificação que dispunham de diferentes dimensões no projeto de estabilidade e no projeto de arquitetura. Na Tabela 13 são apresentadas as diferenças encontradas. A azul são identificadas as diferenças existentes entre as secções.

Tabela 13 - Incompatibilidades dimensionais de Pilares.

Identificação	X		Y	
	Arquitetura	Estabilidade	Arquitetura	Estabilidade
Pilares 1 e 8	0.40	0.40	0.23	0.30
Pilares 2 e 15	0.50	0.50	0.23	0.30
Pilares 3 e 6	0.23	0.30	0.50	0.50
Pilares 4 e 5	0.23	0.20	0.70	0.80
Pilar 7	0.23	0.30	0.50	0.50
Pilar 12	0.23	0.30	0.50	0.50
Pilar 13	0.23	0.30	0.40	0.50
Pilar 14	0.50	0.30	0.50	0.40
Pilar 16	0.23	0.30	0.73	0.80
Pilar 17	0.23	0.30	0.50	0.50
Pilar 19	0.27	0.30	0.50	0.50

A solução adotada passou pela utilização dos perfis definidos no projeto de estabilidade. No modelo geral apenas foi necessário realizar ajustes na colocação dos pilares em comparação com o projeto de arquitetura.

No modelo virtual não se verificaram alterações relevantes na arquitetura global do edifício com a modificação da geometria dos pilares.

4.3.2. Detecção de Interferências

Relativamente à deteção de incompatibilidades sobre o modelo virtual criado foi utilizado o *software* Autodesk Navisworks Manage 2018, que permitiu detetar e analisar as incompatibilidades da coordenação das especialidade desenvolvidas no modelo do caso de estudo.

Inicialmente adicionaram-se os modelos correspondentes às especialidades desenvolvidas no modelo virtual em formato .rvt, através do comando “Append” do menu “Home”, como se apresenta na Figura 24.

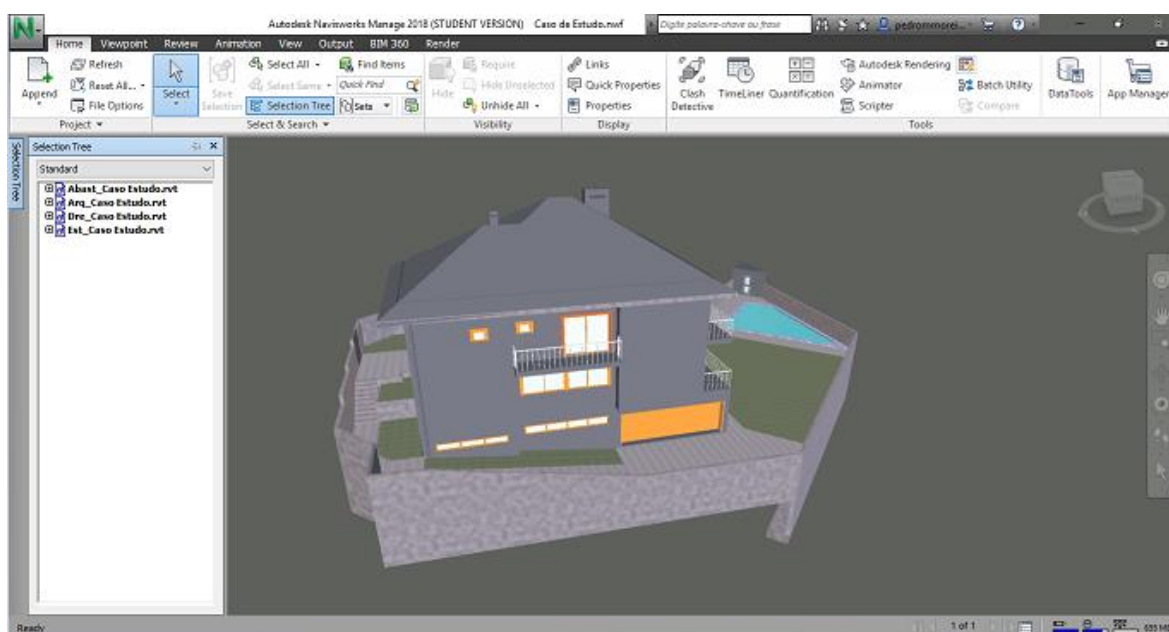


Figura 24 - Especialidades do modelo virtual adicionadas ao Autodesk Navisworks Manage 2018.

De seguida efetuou-se a deteção de incompatibilidades, através do comando “Clash Detective” do menu “Home”, coordenando o modelo de Arquitetura com os modelos Estrutural, Abastecimento de Águas e Drenagem de Águas.

O *software* permite a realização de quatro tipos de testes de incompatibilidades/interferências:

- *Hard* – Detecção de interferências reais entre a geometria;
- *Hard (Conservative)* – Aplica o mesmo teste de conflitos do teste “Hard”, aplicando adicionalmente detecção sobre cruzamento de elementos;
- *Clearance* – Verificação de interferências em distâncias específicas entre elementos;
- *Duplicates* – Detecção da existência de geometria duplicada no modelo.

Para a análise das incompatibilidades existentes no caso de estudo realizou-se o teste “*Hard*”, por possibilitar a identificação das incompatibilidades existentes na geometria do modelo e evitando a detecção de incompatibilidades referentes à interceção de elementos que existiria utilizando o teste “*Hard (Conservative)*”.

A tolerância, que corresponde à extensão das interferências detetadas, foi definida para 0.10m, de forma a permitir a análise sobre as incompatibilidades detetadas e verificar se efetivamente corresponde a uma incompatibilidade.

O teste registou a existência de 108 incompatibilidades, como demonstrado na Figura 25. A análise individual de cada registo de interferência permitiu apurar que 90 das incompatibilidades registadas são referentes à interceção das paredes das duas chaminés existentes no projeto com o telhado. As restantes 28 interferências correspondem ao prolongamento das paredes estruturais da caixa do elevador até à respetiva sapata de fundação, existindo interceção com a laje do piso da Cave.

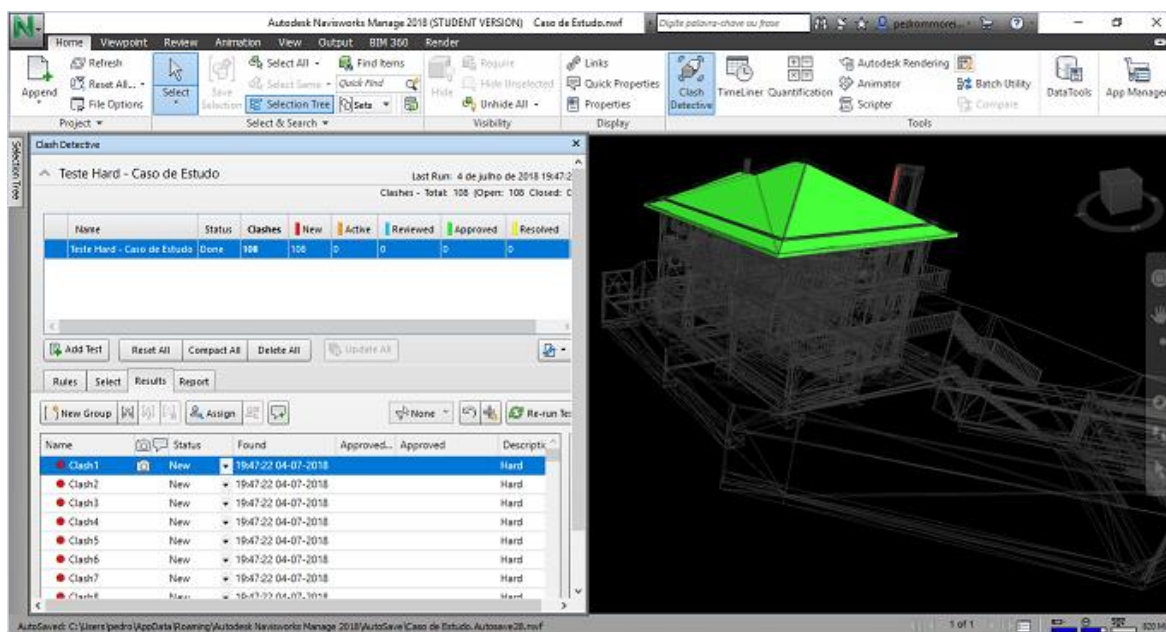


Figura 25 - Detecção de incompatibilidades do caso de estudo.

Determinadas e analisadas as incompatibilidades detetadas através do *software* Autodesk Navisworks Manage 2018 procedeu-se à sua resolução no modelo virtual.

A resolução das incompatibilidades referentes à interceção entre as paredes das chaminés com o telhado foi executada pela edição do perímetro do telhado, criando uma extrusão no local das chaminés.

Relativamente às interferências das paredes estruturais da caixa do elevador com a laje do piso da Cave procedeu-se à edição do limite da respetiva laje, eliminando a parcela da laje correspondente à área de execução das paredes estruturais.

Quanto à existência de incompatibilidades entre elementos das redes de abastecimento e drenagem de águas, não foram detetadas quaisquer interferências através do teste efetuado, bem como entre elementos das redes com elementos estruturais.

Capítulo 5

BIM Execution Plan

5. BIM *Execution Plan*

5.1. Enquadramento

As múltiplas vantagens da implementação correta da metodologia BIM fazem desta metodologia uma mais valia para todo o setor da AEC. Contudo, existem projetos que, devido ao não planeamento efetivo da sua implementação, se traduzem em custos avultados no que diz respeito ao processo de modelação, tal como atrasos no cronograma pré-definido devido ao défice de informações. De acordo com Saluja (2009), a falta de conhecimento da implementação BIM por parte das organizações e equipas de projeto assume-se como a principal causa para o défice de aproveitamento dos benefícios da metodologia BIM. Deste modo, a implementação desta metodologia necessita de um planeamento minucioso e detalhado, de forma a que todos os membros integrantes das equipas de projeto usufruam com sucesso das informações disponíveis do modelo (CIC, 2011).

Devido às particularidades únicas de cada projeto, a implementação BIM deve ser ajustada aos requisitos e às capacidades de cada organização e os modelos devem ser desenvolvidos de forma editável para cada projeto (Hammad, *et al.*, 2014).

Surge assim a necessidade de se desenvolver o *Building Information Modelling Execution Plan*, que se trata de um protocolo desenvolvido pelos intervenientes para descrever todas as informações de modelação a realizar na execução do projeto, ao longo das várias etapas do seu ciclo de vida (BSI, 2013). Simultaneamente, o BEP deve contemplar as particularidades especiais inerentes a cada projeto, tal como os requisitos definidos pelo dono de obra e ainda todos os pormenores técnicos a ter em conta na produção do projeto colaborativo em BIM (Eastman *et al.*, 2011).

Para otimizar os benefícios da aplicação de um BEP, deve ser formada uma equipa de planeamento na fase inicial do projeto, composta por todas as partes relevantes envolvidas, como o dono de obra, a equipa de projeto, principais fornecedores de serviços e gestores de instalações (CIC, 2011). À medida que outros intervenientes são associados ao projeto, passam a enquadrar a equipa de planeamento do BEP, de modo a aumentar o intercâmbio de informações entre todas os agentes integrantes do projeto (BSI, 2013).

Assume-se igualmente imperativo a existência de um gestor BIM, responsável pela coordenação do plano de execução BIM e que garanta a correta integração BIM em todas as fases do projeto (Rahman *et al.*, 2016).

Um BEP estabelece assim os detalhes de implementação que as equipas devem seguir ao longo do projeto, devendo ser desenvolvido na fase preliminar do mesmo e constantemente adaptado de acordo com a participação de membros adicionais na equipa de projeto. Na sua génese determina os usos que o BIM deve ter na realização do projeto, tal como a documentação para o processo de execução BIM durante o ciclo de vida da edificação (CIC, 2011).

A implementação BIM difere entre projetos, ficando a cargo de cada equipa desenvolver BEP's personalizados de acordo com a finalidade e as particularidades de cada projeto, segundo os recursos disponíveis por parte da equipa. Contudo, a eficiente implementação de um BEP é dependente da existência de ambiente aberto de partilha e colaboração no decorrer da execução do projeto entre as organizações envolvidas. Na fase de planeamento, todos os intervenientes devem partilhar os processos padrão que utilizam, nomeadamente os requisitos de intercâmbio de informações necessários para os diferentes usos BIM (CIC, 2011).

Internacionalmente foram desenvolvidos vários planos de execução BIM, encontrando-se em vigor em múltiplos países, entre eles o *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011), o *Singapore BIM Essential Guide For BIM Execution Plan* (BCA, 2013), o *AEC (UK) BIM Protocol BIM Execution Plan* (AEC-UK, 2012), o *MIT BIM Execution Plan* (MIT, 2016) e o *BIM Project Execution Plan Template* (USF, 2018). Na Figura 26 é efetuada a comparação entre as informações requeridas para a produção de cada um dos BEP's. De ressaltar que as organizações que criam estes modelos são as mesmas responsáveis pelo desenvolvimento de padrões nacionais de BIM em utilização nos respetivos países.

BIM Project Execution Planning Guide EUA	Singapore BIM Essential Guide For BIM Execution Plan SINGAPURA	AEC (UK) BIM Protocol BIM Execution Plan REINO UNIDO	MIT BIM Execution Plan EUA	BIM Project Execution Plan Template EUA
<ul style="list-style-type: none"> • Informações do projeto • Contactos chave do projeto • Regras organizacionais e de pessoal • Objetivos BIM • Usos BIM • Trocas de informação BIM • Processos de colaboração • Controlo de qualidade • Infraestruturas tecnológicas necessárias • Estrutura do modelo • Entregas do projeto • Estratégia de entrega/contrato 	<ul style="list-style-type: none"> • Informações do projeto • Membros do projeto • Objetivos do projeto • Usos BIM • Autores ou utilizadores da entrega BIM • Elementos do modelo para cada entrega do projeto • Processo para criação e colaboração BIM • Infraestruturas tecnológicas • Anexos 	<ul style="list-style-type: none"> • Informações do projeto • Objetivos do projeto • Trabalho colaborativo • Recursos do projeto e requisitos informáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Informações do projeto • Contactos chave do projeto • Objetivos e Usos BIM • Regras organizacionais e de pessoal • Diagrama do processo de transição do modelo • Trocas de informação BIM • Requisitos de dados BIM • Processos de colaboração • Controlo de qualidade • Infraestruturas tecnológicas necessárias • Estrutura do modelo • Entregas do projeto • Estratégia de entrega/contrato 	<ul style="list-style-type: none"> • Informações do projeto • Contactos do projeto • Objetivos/ usos BIM • Regras de organização • Responsabilidades BIM • Objetivos e aplicação • LOD • Intercâmbio de informações e partilha de modelos • Controlo de qualidade • Plataformas tecnológicas e software

Figura 26 - Planos de Execução BIM internacionais, adaptado de (CIC, 2011; AEC-UK, 2012; BCA, 2013; MIT, 2016; USF, 2018).

A análise comparativa dos referidos BEP's denota múltiplos aspetos comuns entre os mesmos, assumindo-se as seguintes informações como preponderantes a incluir num BEP (CIC, 2011; AEC-UK, 2012; BCA, 2013; MIT, 2016; USF, 2018):

- **Informação do Projeto** – Informações básicas do projeto, nomeadamente a identificação do dono de obra, o nome e localização do projeto, contratos de entrega de projetos, descrição do projeto, sistemas de unidades e prazos;
- **Membros do Projeto** – Identificação de todos os intervenientes no projeto, tal como os respetivos contactos;
- **Objetivos do Projeto** – Descrição dos objetivos previstos do projeto definidos pelo dono de obra;
- **Usos BIM** – Definição dos usos BIM a desenvolver necessários para a entrega do projeto de forma a cumprir os requisitos definidos pelo dono de obra;
- **Responsabilidades do Projeto** – Atribuição das funções e responsabilidades de todos os intervenientes no projeto, de acordo com os usos BIM atribuídos em cada fase do projeto;
- **BIM Design** – Criação de um panorama geral que determina as interligações dos requisitos de informação com os usos BIM. Os mapas de processo criados

assumem-se como a base do BEP devido à criação do fluxo gráfico de informações das fases do projeto;

- **Procedimentos de Colaboração** – Os intervenientes no projeto devem definir os procedimentos de trabalho colaborativo a seguir durante a execução do projeto de forma a garantir a correta partilha de informações definidas nos mapas de processo;
- **Controlo de Qualidade** – Determinação do modelo geral para controlo de qualidade dos modelos BIM criados no processo colaborativo. Entre as medidas de controlo mais utilizadas estão as verificações visuais e de deteção de conflitos;
- **Infraestruturas Tecnológicas** – Indicação dos requisitos de *software*, hardware, licenças tecnológicas, plataformas para intercâmbio de informações e questões técnicas a definir pelos intervenientes no projeto;
- **Estrutura do Modelo** – Definição da metodologia de gestão das informações do projeto durante o processo colaborativo entre os intervenientes do projeto, nomeadamente a gestão das plataformas de intercâmbio de informações;
- **Entrega do projeto** – Consiste na definição da estratégia da entrega do projeto em cada fase, tal como do formato das informações a apresentar.

Em Portugal já foram efetuadas várias propostas, em contexto académico, de BIM *Execution Plan*. São os casos de Caires (2013), Antunes (2015), Marques (2015) e Rodrigues (2016).

Caires (2013) fundamentou a sua proposta através da análise dos guias BEP's internacionais e da realização de entrevistas a profissionais da indústria AECO nomeadamente da arquitetura, engenharia estrutural e gestão de projetos, com experiência na metodologia BIM. A partir das informações obtidas, propôs uma estrutura para um BIM *Execution Plan* e a sua implementação prática recorrendo a um caso de estudo.

(Antunes, 2015) desenvolveu o seu modelo BEP com o intuito de auxiliar todos os potenciais interessados na gestão de projetos BIM, baseando a sua proposta no estudo comparativo entre o BIM *Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011) e áreas de conhecimento da gestão de projetos do PMBOK (PMI, 2017).

O caso de Marques (2015) foi desenvolvido em meio empresarial, no departamento de Fundações e Estruturas da Direção de Engenharia de Barragens da EDP, de forma a implementar o processo BIM no respetivo departamento através do BEP. A sua proposta foi baseada nos planos internacionais, com principal incidência no BIM *Project Execution*

Planning Guide (CIC, 2011), com a abordagem limitada aos itens abordados num BEP geral, por se tratar de uma abordagem para gabinetes de projetos.

Rodrigues (2016) também desenvolveu a sua proposta em contexto empresarial, nomeadamente no departamento de projeto e preparação da empresa Bysteel. Para tal, desenvolveu mapas de processo e garantiu a interoperabilidade necessária entre os *software* de trabalho utilizados no respetivo gabinete.

5.2. Proposta de BIM *Execution Plan*

A partir dos guias de BIM *Execution Plan* supracitados, será efetuada uma proposta com o intuito de auxiliar a gestão do projeto em estudo na presente dissertação.

Tal como descrito no capítulo 4, o caso de estudo incidiu sobre a criação em metodologia BIM do projeto de estrutura, arquitetura, abastecimento e drenagem de águas.

Sendo este um modelo de estudo, sem enquadramento prático real do qual exista conhecimento do produto final e/ou de demais entidades envolvidas na execução do projeto e da construção do empreendimento, muitos dos dados passíveis de inclusão no BEP são impossíveis de obter. Apesar disso, a presente proposta de BIM *Execution Plan* identifica e estrutura esses dados apesar de não lhe atribuir um enquadramento prático com o caso de estudo analisado no presente documento.

Sendo o BEP um documento abrangente a todos os envolvidos no projeto, desde o dono de obra às entidades contratadas, é importante que assuma a estrutura completa de um documento. Assim, no Anexo I é apresentada de forma estruturada toda a proposta de BIM *Execution Plan* desenvolvida neste capítulo.

5.2.1. Informação do Projeto

A primeira fase na concepção de um BEP deve contemplar as informações básicas do projeto, que sirvam de suporte e apoio ao longo das fases do ciclo de vida. As informações podem dividir-se em informações gerais do projeto, plano de custos e calendarização do projeto (CIC, 2011).

Na Tabela 14 apresentam-se as informações gerais do projeto, identificando o dono, o nome, a sua localização, e o método de entrega. Todas as informações correspondem aos dados académicos existentes para a realização do presente trabalho. Tratando-se de um trabalho académico, não foi definido qualquer tipologia de contrato.

Tabela 14 - Informações gerais do projeto, adaptado de CIC (2011).

Dono do projeto	Universidade de Aveiro
Nome do projeto	Caso de Estudo
Localização do projeto	Indefinido
Tipo de contrato	-
Método de Entrega	Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro

A definição do plano de custos no BEP permite que se efetue um controlo rigoroso da distribuição do orçamento do projeto pelas suas diferentes fases. Contudo, a previsão de custos num BEP assume-se de difícil execução, pelo que estes valores devem ser distribuídos de acordo com a estimativa de horas despendidas na execução de cada fase do projeto (Chartered Institute of Building, 2014).

As informações que compõem o plano de custos de cada fase do projeto devem ser o custo estimado, o valor atingível a partir do qual o dono de obra deve ser notificado para reavaliar os respetivos trabalhos da fase do projeto, e por último os intervenientes envolvidos. Na Tabela 15 apresenta-se a proposta de gestão do plano de custos do caso de estudo analisado no presente documento.

Tabela 15 - Plano de custos do projeto, adaptado de CIC (2011).

Fase	Custo Estimado	Valor Atingível	Intervenientes
Criação do Modelo Virtual Modelo Estrutural	-	-	Engenheiro de Estruturas
Criação do Modelo Virtual Modelo Arquitetura	-	-	Arquiteto
Criação do Modelo Virtual Modelo Abastecimento Águas	-	-	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos
Criação do Modelo Virtual Modelo Drenagem Águas	-	-	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos

A existência de calendarização viabiliza uma maior organização do tempo no projeto, possibilitando aos gestores e equipas de projetos anteciparem possíveis reformulações na metodologia de trabalho de forma a evitarem atrasos em cada fase individual do projeto, garantindo o cumprimento do seu prazo final (CIC, 2011).

Assume-se também importante em cada fase definir os trabalhos precedentes, garantindo uma análise clara por qualquer pessoa, independentemente da sua associação ao projeto.

Na Tabela 16 apresenta-se a calendarização do projeto do caso de estudo analisado no presente documento. As fases precedentes foram definidas de acordo com a ordem cronológica da criação do modelo virtual, no capítulo 4.3, e as datas propostas são meramente informativas.

Tabela 16 - Calendarização do projeto, adaptado de CIC (2011)

Fase	Fase Precedente	Data de Início	Previsão de Finalização	Intervenientes
Criação do Modelo Virtual – Modelo Estrutural (1)	-	01/01/2018	31/01/2018	Engenheiro de Estruturas
Criação do Modelo Virtual – Modelo Arquitetura (2)	(1)	01/02/2018	28/02/2018	Arquiteto
Criação do Modelo Virtual – Modelo Abastecimento Águas (3)	(1) e (2)	01/03/2018	20/04/2018	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos
Criação do Modelo Virtual – Modelo Drenagem Águas (4)	(1), (2) e (3)	21/04/2018	08/05/2018	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos

5.2.2. Membros do Projeto

Na identificação dos intervenientes no projeto, é importante incluir no BEP todas as informações importantes sobre cada um, de forma a facultar todos os meios possíveis de comunicação entre equipas e/ou pessoas singulares integradas no projeto. As informações a ter em conta são o cargo exercido, nome, a organização que representam e os contactos profissionais de cada elemento.

Um cargo a definir entre os membros do projeto é o de gestor BIM, que se assume como o responsável pela integração e controlo da metodologia BIM em todas as fases do ciclo de vida do projeto (Costa *et al.*, 2017).

Tratando-se de um trabalho académico, não foram incluídas quaisquer informações pessoais sobre os membros do caso de estudo.

Tabela 17 - Membros do projeto, adaptado de CIC (2011).

Cargo	Nome	Organização	Email	Telemóvel
Arquiteto	-	-	-	-
Engenheiro de Estruturas	-	-	-	-
Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos	-	-	-	-
Gestor BIM	-	-	-	-

5.2.3. Objetivos do Projeto

A definição do valor potencial da metodologia BIM têm elevada preponderância no planeamento de qualquer projeto e para aqueles que o constituem, pois permite definir o objetivo geral para a implementação BIM. Antes de definir os usos BIM a implementar no projeto, é necessário definir qual a finalidade do projeto no que concerne ao BIM, de modo a melhorar o planeamento, a criação do projeto, a construção e a operação do empreendimento (CIC, 2011).

Sendo o projeto em estudo um modelo académico, os objetivos BIM estabelecidos correspondem ao estudo da aplicação do BIM à gestão do projeto. Desta forma, os objetivos propostos são:

- Aumentar a qualidade do projeto;
- Melhorar a colaboração entre especialidades;
- Redução de erros do projeto;
- Definir o fluxo de trabalho do projeto.

Definidos os objetivos, a equipa de projeto deve analisar quais os usos BIM que são mais adequados para os atingir. Assim, é importante atribuir diferentes níveis de prioridade a cada objetivo (Alta, Média ou Baixa). No caso de estudo analisado no presente documento a prioridade de todos os objetivos propostos é qualificada como “Alta” por se tratarem todos de objetivos primordiais a obter com o desenvolvimento do respetivo projeto.

Na Tabela 18 apresentam-se os objetivos propostos para o caso de estudo, bem como os possíveis usos BIM a implementar para garantir a sua execução.

Tabela 18 - Objetivos do projeto, adaptado de CIC (2011).

Objetivo	Prioridade	Possíveis usos BIM
Aumentar a qualidade do projeto	Alta	Programação Execução do projeto
Melhorar a colaboração entre especialidades	Alta	Planeamento de fases Execução do projeto Coordenação 3D
Redução de erros no projeto	Alta	Revisão do projeto Coordenação 3D Planeamento de fases
Definir o fluxo de trabalho do projeto	Alta	Planeamento de fases

5.2.4. Usos BIM

A definição do valor potencial do BIM no projeto e para os membros que o constituem é uma das etapas mais importantes no processo de planeamento do projeto, permitindo estabelecer as metas gerais para a implementação BIM. Desta forma, no BEP devem-se identificar os usos BIM apropriados tendo em conta os objetivos do projeto (CIC, 2011).

Para a determinação dos usos BIM neste caso de estudo, tiveram-se por base os vinte e cinco usos BIM determinados no CIC (2011), apresentados na Tabela 19. Neste guia, os usos BIM são divididos em quatro fases, nomeadamente planeamento, projeto, construção e operação do edifício.

Tendo em conta que o caso de estudo não contempla a construção nem a operação do empreendimento, os usos BIM selecionados para o presente trabalho serão apenas referentes às fases de planeamento e projeto.

Na Tabela 19 são selecionados os usos BIM para o caso de estudo analisado no presente documento.

Na fase de planeamento, os usos BIM selecionados foram a “Programação”, que corresponde à avaliação da eficiência e precisão do desempenho do projeto relativamente aos requisitos espaciais, e a “Análise do espaço”, que representa a recolha e avaliação das informações necessárias para determinar a localização ideal para o projeto. Apesar de estes usos BIM não serem diretamente abordados no modelo virtual criado, foram tidos em conta aquando da elaboração preliminar dos projetos fornecidos, pelo que são tidos em conta para a proposta de BEP para o caso de estudo analisado no presente documento.

Relativamente à fase de projeto, os usos BIM identificados de acordo com os objetivos BIM foram “Execução do projeto”, “Revisão do projeto”, “Coordenação 3D” e “Condições de modelação existentes”.

O uso “Execução do projeto” remete-se para a criação do modelo virtual, baseado na informação dos elementos construtivos.

A “Revisão do projeto” corresponde ao processo de análise e validação do modelo por parte dos intervenientes no projeto e dos responsáveis pela garantia da qualidade do projeto.

O uso “Coordenação 3D” corresponde ao objetivo de reduzir os erros e incompatibilidades no modelo antes da fase de construção, através de *software de clash detection* durante o processo de coordenação do projeto.

Por último, o uso BIM “Condições de modelação existentes” refere-se à criação do modelo virtual de acordo com as condições existentes. No caso de estudo analisado neste documento, as condições de modelação existentes correspondem às plantas CAD previamente fornecidas.

Tabela 19 - Usos BIM, adaptado de CIC (2011).

x	Planeamento	x	Projeto	x	Construção	x	Operação
x	Programação	x	Execução do projeto		Planeamento da utilização de espaço		Calendarização de manutenção
x	Análise do espaço	x	Revisão do projeto		Projeto do sistema de construção		Análise de desempenho
		x	Coordenação 3D		Coordenação 3D		Gestão de bens
			Análise estrutural		Criação de dados digitais		Gestão de espaços
			Análise elétrica		Planeamento e controlo 3D		Planeamento de desastres
			Análise energética		Registo de modelação		Registo de modelação
			Análise mecânica				
			Análise de outras especialidades				
			Avaliação da sustentabilidade				
			Validação do código				
	Planeamento das fases	x	Planeamento das fases		Planeamento das fases		
	Previsão de custos		Previsão de custos		Previsão de custos		Previsão de custos
	Condições de modelação existentes	x	Condições de modelação existentes		Condições de modelação existentes		Condições de modelação existentes

No Anexo II são descritos os usos BIM identificados para o caso de estudo, bem como as potenciais utilidades, as competências técnicas necessárias e os recursos requeridos para a sua implementação, de acordo com as definições estabelecidas no CIC (2011).

5.2.5. Responsabilidades do Projeto

Após a decisão dos objetivos do projeto e dos usos BIM, cada BEP deve incluir as posições BIM existentes no projeto, bem como as suas responsabilidades. Para cada uso BIM devem associar-se as organizações e os respetivos número de membros, auxiliando a que cada interveniente no projeto tenha conhecimento das suas responsabilidades. É também necessário indicar o responsável máximo pela implementação de cada uso BIM (CIC, 2011).

Na Tabela 20 apresenta-se os responsáveis pelos usos BIM selecionados para o caso de estudo analisado no presente documento.

O responsável definido pela implementação de cada uso BIM é Gestor BIM por se tratar do membro incumbido pela integração e controlo da metodologia BIM em todas as fases do ciclo de vida do projeto (Costa *et al.*, 2017).

Tabela 20 - Identificação dos responsáveis do projeto, adaptado de CIC (2011).

Uso BIM	Organização	Membros envolvidos	Responsável	Contacto do responsável
Programação	Universidade de Aveiro	Arquiteto Engenheiro de Estruturas	Gestor BIM	-
Análise do espaço	Universidade de Aveiro	Arquiteto Engenheiro de Estruturas	Gestor BIM	-
Execução do projeto	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-
Revisão do projeto	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-
Coordenação 3D	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-
Condições de modelação existentes	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-

5.2.6. BIM Design

O BIM Design descreve os procedimentos de execução de projetos BIM, através de mapas de processos (CIC, 2011).

Os mapas de processos BIM são diagramas que descrevem a forma de aplicação BIM num projeto. De acordo com a norma *Business Process Model and Notation* (BPMN) adotada pelo BIM *Project Execution Planning Guide*, a implementação dos mapas de processo deve-se dividir em dois níveis (BPMN, 2011; CIC, 2011).

- Nível 1 – Mapa Geral BIM: Relação entre os usos BIM do projeto em estudo e a troca de informações que ocorrem ao longo do ciclo de vida do projeto;
- Nível 2 – Mapa detalhado dos processos de uso BIM: Descrição dos processos de cada uso BIM para definir a sequência entre os vários processos a executar. Referenciação dos responsáveis por cada processo, do conteúdo das informações e das partilhas de informações entre processos.

A criação do Mapa Geral BIM começa por adicionar cada um dos usos BIM definidos como mapas de processo. De seguida, devem-se ordenar cronologicamente os processos, identificando a fase do projeto correspondente ao processo, bem como as partes responsáveis por definir as informações necessárias para implementar o processo e as informações desenvolvidas pelo processo. Por último, o Mapa Geral BIM deve englobar as trocas e intercâmbio de informações referentes a cada processo ou entre processos e partes responsáveis (CIC, 2011). Na Figura 27 apresenta-se a representação gráfica de um processo tipo no Mapa Geral BIM, que identifica a fase do projeto, o nome do processo, as partes responsáveis e o mapa detalhado, que designa o correspondente mapa do processo do nível dois.

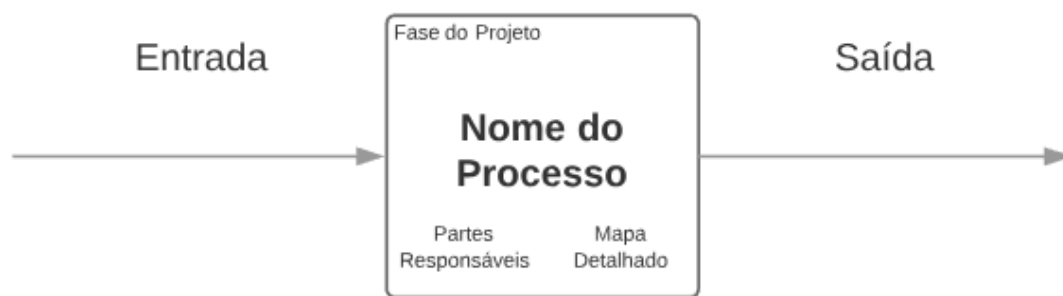









Figura 27 - Representação de um processo no Mapa Geral BIM, adaptado de CIC (2011).

A elaboração do mapa detalhado dos processos de uso BIM permite a identificação da sequência dos vários processos a serem realizados em cada uso BIM. A sua estrutura é dividida em informações de referência, onde são descritos os recursos existentes e necessários para executar o uso BIM, processos, através da sequência das atividades que compõem o uso BIM, e por fim o intercâmbio de informações gerado (BPMN, 2011; CIC, 2011).

O desenvolvimento dos mapas de processos para execução BIM é efetuado a partir da representação gráfica definida na norma BPMN. Na Tabela 21 são descritas as representações gráficas utilizadas para a realização dos mapas de processos no presente documento.

Tabela 21 - Representação gráfica de processos do BPMN, adaptado de BPMN (2011).

Elemento	Descrição	Representação Gráfica
Evento	Um evento é uma ocorrência de um processo de negócios. Existem eventos de início, intermédio e de fim.	
Processo	Um processo é um termo genérico para o trabalho ou atividade que a entidade executa. É representado por um retângulo.	
Gateway	Um <i>Gateway</i> é usado para controlar a convergência e a divergência do fluxo de sequência. Simultaneamente pode ser visto como uma decisão no mapa de processo convencional.	
Fluxo de sequência	Um fluxo de sequência é usado para indicar a ordem (precedentes e sucessores) das atividades que são executadas no mapa de processo.	
Associação	Uma associação é utilizada para vincular informações e processos com objetos de dados. A ponta da seta indica a direção do fluxo.	
Objeto de dados	O objeto de dados é um mecanismo para mostrar as informações necessárias ou produzidas pelas atividades. Conectam-se com as atividades através de associações.	
Conjunto/Pista	Um conjunto/pista é a localização gráfica para posicionar um conjunto de atividades.	

Os mapas de processo definidos para o caso de estudo analisado no presente documento foram baseados nas propostas elaboradas no CIC (2011). Na Figura 28 apresenta-se o Mapa Geral BIM. Na Proposta de BEP do Anexo I apresentam-se todos os mapas detalhados de processos de uso BIM.

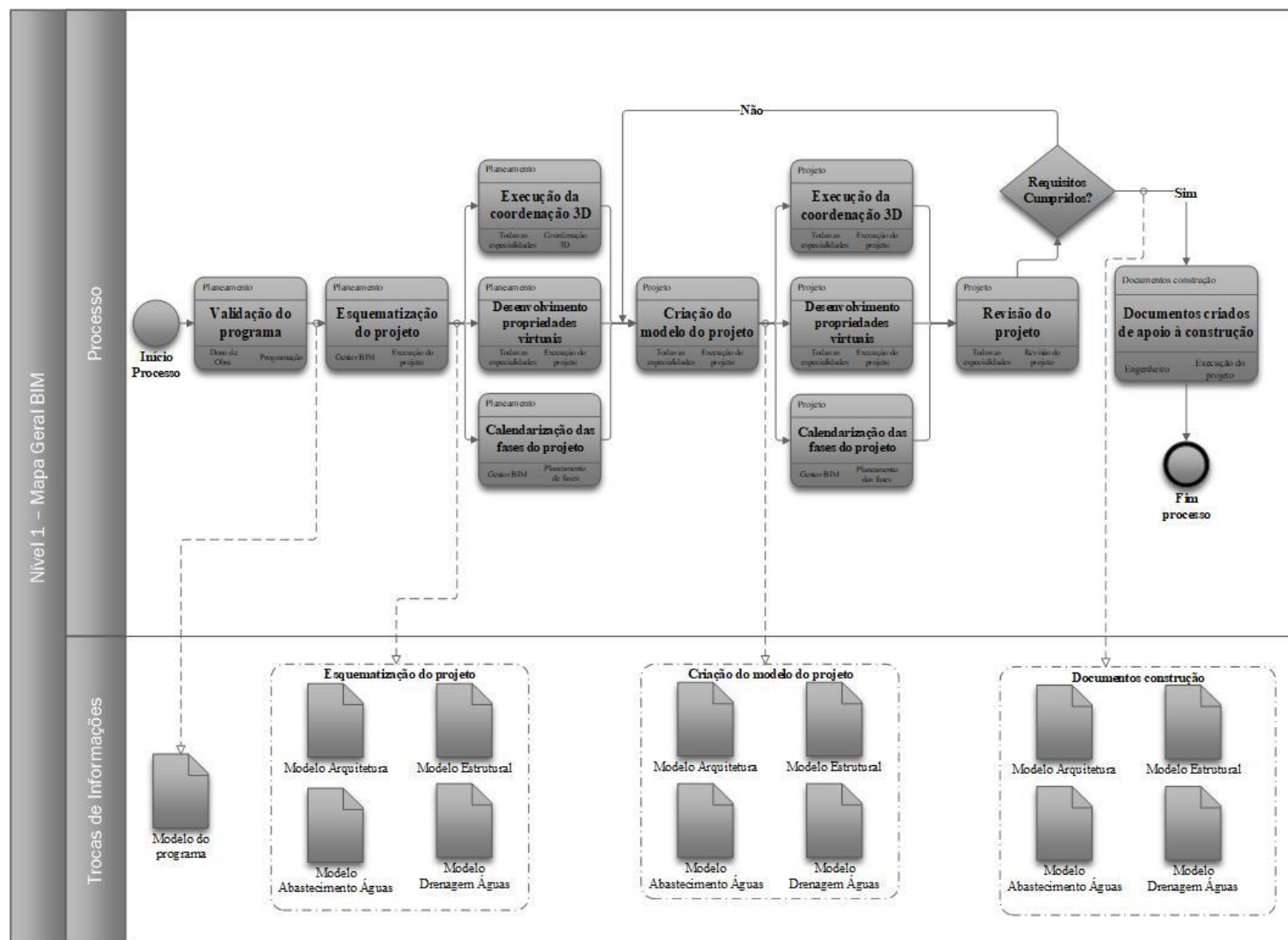


Figura 28 - Mapa Geral BIM do caso de estudo.

5.2.7. Procedimentos de Colaboração

Após a determinação dos mapas de processo BIM é necessário definir a estratégia de troca de informações entre os processos, de forma a garantir que todos os envolvidos no intercâmbio de informações têm a percepção clara do conteúdo da mesma (CIC, 2011).

O sucesso do intercâmbio de informações no projeto é dependente da capacidade de colaboração entre todos os intervenientes. Deste modo, devem-se definir procedimentos de reuniões sobre o projeto, através da identificação do tema das reuniões a realizar, da fase do projeto a que correspondem, da frequência com que se realizam, dos participantes e do local onde se sucedem (CIC, 2011). Na Tabela 22 apresenta-se o modelo dos procedimentos de reuniões.

Os temas definidos para o caso de estudo foram a revisão dos modelos criados de cada especialidade, correspondentes à fase de concepção do projeto.

Tabela 22 - Procedimentos de reuniões, adaptado de CIC (2011).

Tema da reunião	Fase do projeto	Frequência	Participantes	Localização
Revisão Modelo Estrutural	Projeto	Única	Engenheiro de Estruturas Gestor BIM	Universidade de Aveiro
Revisão Modelo Arquitetura	Projeto	Única	Arquiteto Gestor BIM	Universidade de Aveiro
Revisão Modelo Abastecimento Água	Projeto	Única	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos Gestor BIM	Universidade de Aveiro
Revisão Modelo Drenagem Água	Projeto	Única	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos Gestor BIM	Universidade de Aveiro

Paralelamente, deve-se estabelecer um protocolo de comunicação entre todos os intervenientes no projeto, no qual se caracteriza a comunicação eletrónica de partilha de informações do projeto através de um sistema colaborativo de gestão de projetos (CIC, 2011).

No projeto em estudo, os procedimentos de colaboração eletrónica são efetuados a partir da ferramenta BIM 360, que é apresentada no capítulo 6. O BEP deve considerar o controlo dos documentos, definindo a sua localização, o formato dos arquivos e as permissões de acesso dos membros do projeto. Na Tabela 23 apresenta-se a estrutura para o controlo dos procedimentos de comunicação eletrónica.

Tabela 23 - Procedimentos de comunicação eletrónica.

Nome do ficheiro	Localização	Formato	Acesso Permitido
Ast_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros
Est_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros
Abast_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros
Dre_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros

5.2.8. Controlo de Qualidade

Para garantir a qualidade de todos os modelos do projeto, as equipas de projeto devem estabelecer uma estratégia geral para o efeito. Cada elemento BIM criado ao longo do projeto deve ser previamente planeado, tendo em consideração o nível de detalhe, o formato de arquivo e as possíveis atualizações. Todos as equipas que trabalham para o modelo BIM devem possuir um membro responsável pela coordenação do trabalho BIM que realizam, que deve participar nas principais atividades do BIM (CIC, 2011).

Antes da entrega de modelos BIM, as equipas responsáveis pela sua elaboração, bem como todos os membros que a integram, devem efetuar verificações de controlo de qualidade das propriedades do projeto. Para tal deve-se documentar todas as verificações efetuadas. Cada equipa envolvida no projeto deve designar um membro responsável, com a função de garantir a execução dos processos de controlo de qualidade (CIC, 2011).

De acordo com CIC (2011), devem-se efetuar as seguintes verificações para constarem no plano de controlo de qualidade:

- Verificação visual – Garantir que não existem componentes no modelo não previstos e que os objetivos do projeto foram obtidos, usando um *software* de navegação;

- Verificação de interferência – Detetar problemas no modelo criados a partir de incompatibilidades entre especialidades através de um *software* de *clash detection*;
- Verificação de normas – Assegurar que o modelo cumpre todas as normas definidas pela equipa de projeto;
- Validação de elementos – Confirmar que os modelos do projeto criados não têm elementos imprevistos ou mal definidos.

Em cada uma das verificações deve-se indicar as organizações ou membros responsáveis pela sua realização, os *software* utilizados e a frequência com que se realizam (CIC, 2010). Na Tabela 24 apresentam-se as verificações do controlo de qualidade para o caso de estudo da presente dissertação.

Tabela 24 - Verificações de controlo de qualidade, adaptado de CIC (2011).

Verificação	Parte responsável	Software	Frequência
Visual	Todos os intervenientes	Autodesk Revit 2018	Única
Interferência	Todos os intervenientes	Autodesk Navisworks Manage 2018	Única
Normas	Todos os intervenientes	Autodesk Revit 2018	Única
Elementos	Todos os intervenientes	Autodesk Revit 2018	Única

5.2.9. Infraestruturas Tecnológicas

De forma a apoiar o trabalho colaborativo BIM, é fundamental que as equipas de projeto possuam plataformas virtuais interativas que garantam a partilha de informação e a existência de uma base de dados comum a todos os intervenientes no projeto (AEC-UK, 2012).

Deste modo, cada equipa responsável pelo projeto deve definir os requisitos de hardware e de *software*, as plataformas de partilha de informações e as licenças necessárias, de forma a garantir a compatibilidade entre todos os modelos do projeto (CIC, 2011).

Relativamente aos *software*, devem-se definir quais são os necessários, bem como a respetiva versão, para executar cada uso BIM previsto. Também se devem estabelecer os formatos de arquivo para transferência de informações do projeto.

Na Tabela 25 apresentam-se os dados dos *software* utilizados no caso de estudo analisado no presente documento.

Tabela 25 - *Software* utilizados, adaptado de CIC (2011).

Especialidade	Software	Versão	Formato Arquivo
Arquitetura	Autodesk Revit	2018	.rvt
Estrutural	Autodesk Revit	2018	.rvt
Abastecimento Água	Autodesk Revit	2018	.rvt
Drenagem Água	Autodesk Revit	2018	.rvt

Quanto às necessidades de hardware, o BEP deve garantir a caracterização de cada um, de forma a garantir a compatibilidade na troca de informações entre as diferentes equipas do projeto (CIC, 2011). Na Tabela 26 são descritos os requisitos mínimos de *hardware* necessários para a utilização dos *software* utilizados no caso de estudo analisado no presente documento, ou seja, os requisitos para configuração do nível de entrada (Autodesk Knowledge Network, 2017).

Tabela 26 - *Hardware* utilizados no caso de estudo, adaptado de (Autodesk Knowledge Network, 2017, 2018).

Hardware	Especificações	
	Autodesk Revit 2018	Autodesk Navisworks Manage 2018
Sistema Operativo	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Windows 7 SP1 de 64 bits: Enterprise, Ultimate, Professional ou Home Premium. - Microsoft Windows 8.1 de 64 bits: Enterprise, Pro ou Windows 8.1. - Microsoft Windows 10 de 64 bits: Enterprise ou Pro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Windows 7 SP1 de 64 bits: Home Basic, Home Premium, Professional, Enterprise ou Ultimate. - Microsoft Windows 8.1 de 64 bits. - Microsoft Windows 10
CPU	Processador de núcleo único ou superior Intel® Pentium®, Xeon®, ou série i ou AMD® equivalente com tecnologia SSE2.	Intel Pentium 4 ou AMD Athlon 3.9 GHz com tecnologia SSE2.
Memória	4 GB de RAM.	2 GB de RAM.

Configuração de vídeo	1280 x 1024 com true color.	1280 x 800 com true color.
Espaço em disco	5 GB de espaço livre em disco.	15 GB de espaço livre em disco.
Dispositivo apontador	MS-Mouse ou dispositivo em conformidade com o 3Dconnexion.	Microsoft Mouse
Navegador	Microsoft Internet Explorer 7.0 ou posterior.	Microsoft Internet Explorer 8.0 ou posterior.

No que diz respeito às infraestruturas tecnológicas para partilha de informação, o BEP deve contemplar as bases de dados e as plataformas de comunicação e partilha de informações para cada uso BIM, garantindo que todos os intervenientes no projeto têm conhecimento dos locais de armazenamento e partilha de informações.

Na Tabela 27 apresentam-se as plataformas de comunicação utilizadas para o intercâmbio de informação do caso de estudo descrito no presente documento.

Tabela 27 - Plataformas de comunicação.

Especialidade	Plataforma de Comunicação
Arquitetura	BIM 360
Estrutural	BIM 360
Drenagem Água	BIM 360
Abastecimento Água	BIM 360

5.2.10. Estrutura do Modelo

Após a definição dos procedimentos de colaboração e das infraestruturas tecnológicas necessárias para a realização do projeto, o BEP deve contemplar os métodos de criação, organização e controlo do projeto e das respetivas plataformas de partilha de informações. Para tal, o CIC (2011) define os seguintes tópicos:

- Nomenclatura dos arquivos de informação;
- Descrição da organização dos modelos de informação do projeto;
- Descrição dos sistemas de medições.

Na Tabela 28 apresentam-se a proposta de nomenclatura efetuada para os ficheiros utilizados no caso de estudo analisado no presente documento.

Tabela 28 - Nomenclatura de ficheiros, adaptado de CIC (2011).

Especialidade	Nomenclatura Ficheiros
Estrutural	Est_(nome do projeto)
Arquitetura	Arq_(nome do projeto)
Abastecimento de Águas	Abast_(nome do projeto)
Drenagem de Águas	Dre_(nome do projeto)

A organização dos modelos deve-se efetuar a partir de uma disposição desde o mais abrangente até ao mais detalhado. A metodologia adotada distribui os modelos por especialidades, pisos e divisões, como demonstrado na Tabela 29.

Tabela 29 - Disposição dos modelos.

Disposição	Descrição
1º	Especialidades
2º	Pisos
3º	Divisões

Os sistemas de medições contemplados no caso de estudo analisado no presente documento foram as escalas e as unidades, apresentadas na Tabela 30.

Tabela 30 - Sistemas de medições.

Tipologia	Descrição
Escala	1:100
Unidades	Metros

5.2.11. Entrega do projeto

A implementação do BIM deve ter em conta a metodologia de entrega dos projetos. Em cada entrega integra os modelos BIM criados, que são representações digitais das características físicas e funcionais dos elementos concebidos a serem usados no projeto (BCA, 2013).

As entregas efetuadas devem cumprir todos os requisitos exigidos pelo dono do projeto e garantir que todos objetivos são cumpridos, bem como garantida a qualidade das informações criadas (CIC, 2011).

O BEP deve assim caracterizar o modelo do projeto a criar, a fase a que corresponde, a data de entrega e o formato de arquivo em que os modelos são submetidos (CIC, 2011).

No caso de estudo analisado no presente documento, os modelos submetidos correspondem aos projetos de cada especialidade. Todos os modelos são desenvolvidos na fase de projeto e as datas de entrega proposta correspondem às datas previstas de finalização da criação de cada modelo definidas em 5.2.1. Os formatos de arquivo são em .rvt, tendo em conta que todos os modelos foram desenvolvidos a partir do *software* Revit. Na Tabela 31 é apresentado o registo da entrega de projetos referente ao caso de estudo desenvolvido.

Tabela 31 - Registo de entrega de projetos, adaptado de CIC (2011).

Modelo BIM	Fase	Data de entrega	Formato Arquivo
Arquitetura	Projeto	31/01/2018	.rvt
Estrutural	Projeto	28/02/2018	.rvt
Abastecimento Águas	Projeto	20/04/2018	.rvt
Drenagem Águas	Projeto	08/06/2018	.rvt

Capítulo 6

BIM 360

6. BIM 360

6.1. Enquadramento

O BIM 360 é uma plataforma da Autodesk centralizada na indústria AECO, que permite gerir todo o ciclo de vida dos projetos. Apresenta soluções que melhoram os processos de colaboração, comunicação e documentação dos projetos, conectando pessoas, informações e fluxos de trabalho (Autodesk BIM 360, 2018b).

Trata-se de uma ferramenta que engloba todos os aspetos de um projeto, permitindo que todos os membros tenham total controlo sobre os processos e as fases do mesmo, desde a criação do modelo virtual do projeto até à fase de exploração do empreendimento (Autodesk BIM 360, 2018b)

Com recurso ao BIM 360, os processos de coordenação BIM são automatizados, tornando mais rápida a deteção e resolução de problemas entre as especialidades do projeto, garantindo também a participação de todos os intervenientes no processo de coordenação. As equipas de projeto podem trabalhar sobre os mesmos modelos Revit em *cloud*, centralizando o trabalho desenvolvido e aumentando a comunicação interdisciplinar, potencializando o trabalho colaborativo em BIM. As revisões de projeto e do processo construtivo realizam-se de forma abrangente e de modo colaborativo entre as equipas de projeto. A entrega de projetos é coordenada a partir da gestão dos arquivos presentes na *cloud*, do acompanhamento do cronograma definido para o projeto e da troca de informações entre equipas e membros do projeto. Todas as alterações sobre modelos e arquivos dos projetos são registadas, permitindo a comparação entre as versões criadas. A gestão da qualidade dos projetos é garantida através da criação de listas de verificação de qualidade acessíveis a toda as equipas envolvidas. Os problemas existentes no projeto podem ser identificados nos modelos em *cloud*, partilhados com as entidades responsáveis pela sua resolução e ainda acompanhar todo o processo. Os riscos de segurança em obra são reduzidos devido à simplificação dos processos de inspeção através de listas de verificação de segurança efetuados em obra, com recurso a dispositivos móveis, da identificação e partilha de potenciais riscos existentes com as equipas de projeto. A criação e coordenação de requisições de informações de detalhes dos projetos entre as equipas de projeto e as entidades contratadas, nomeadamente solicitações de informações (*Request for Information* (RFI)) e

as especificações fornecidas pelo proprietário aos empreiteiros (*Submittals*), são controladas ao longo do projeto e permitem o acompanhamento de todas as atividades (Autodesk BIM 360, 2018b)

De acordo com Lijbers (2015), a implementação do BIM 360 garante o controlo dos orçamentos executados, maximiza os recursos, humanos e técnicos, e aumenta a rentabilidade do projeto sem colocar em causa a qualidade de construção. O processo de entrega de projetos é mais rápido, devido à possibilidade de acessibilidade a dados do projeto por parte da equipa de projeto quando e onde quiserem.

A utilização dos produtos BIM 360 Glue já assume destaque preponderante na indústria AEC. De acordo com JBKnowledge (2017), o BIM 360 Glue é o terceiro *software* mais utilizado pelos profissionais da indústria AECO entrevistados para o 6º Relatório Anual de Tecnologia na Construção, correspondendo a 18,64% dos inquiridos, apenas atrás do AutoCAD MEP e do Revit, ambos igualmente produtos da Autodesk.

Os produtos incluídos na plataforma BIM 360 são, essencialmente, *software* com especificações e objetivos próprios, em que a coordenação entre todos garante a abrangência de todo o processo de gestão de projetos de edifícios. São *software* de utilização em computadores e/ou em dispositivos móveis, através de *app*'s, tanto para sistemas operativos iOS como para Android. Os produtos BIM 360 são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 - Produtos BIM 360.

Produto	Computador	Dispositivos Móveis iOS		Dispositivos Móveis Android
		iPhone	iPad	
BIM 360 Docs	✓	✓	✓	✓
BIM 360 Build*	✓	✓	✓	✓
BIM 360 Design**	✓	✓	✓	✓
BIM 360 Glue	✓	✗	✓	✗
BIM 360 Layout	✗	✗	✓	✗
BIM 360 Plan	✓	✗	✓	✗
BIM 360 Ops	✓	✓	✓	✗

* O produto BIM 360 Build possui o *software* de utilização BIM 360 Field para computador e dispositivos móveis iOS e o BIM 360 (app) para dispositivos móveis Android.

** O produto BIM 360 Design utiliza o aplicativo BIM 360 Docs para dispositivos móveis iOS e o BIM 360 (app) para dispositivos móveis Android.

Um outro produto existente e não apresentado na Tabela 32 é o BIM 360 Team, que se encontra desativado, por parte da Autodesk, para novos subscritores desde 9 de abril de 2018. Por não se tratar de um produto com qualquer perspectiva de utilização futura não foram analisadas as suas valências, bem como a aplicação ao caso de estudo desenvolvido no presente documento.

A utilização de cada produto BIM 360 depende da fase do projeto no qual a equipa trabalha. Como se apresenta na Figura 29, os produtos e respetivos *software* BIM 360 têm diferentes aplicabilidades ao longo do ciclo de vida do projeto.

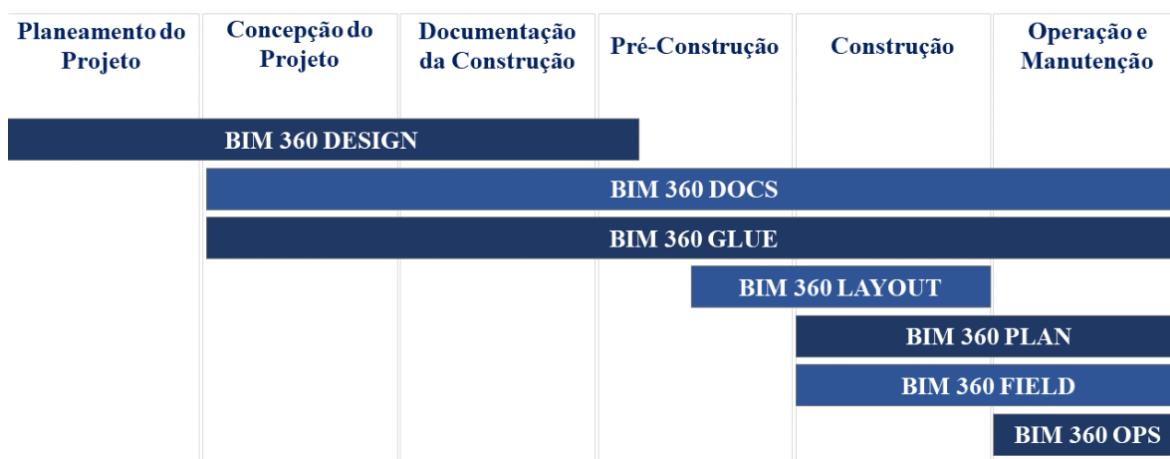


Figura 29 - Produtos BIM 360 ao longo do ciclo de vida do projeto, adaptado de (Autodesk BIM 360, 2018b).

Nos subcapítulos seguintes são descritos todos os produtos BIM 360, e efetuada a respetiva aplicação prática para a integração do BIM na gestão do caso de estudo desenvolvido no presente documento. Apenas foi desenvolvida a aplicação prática aos produtos que permitem a sua utilização gratuita, apesar de temporária.

Desta forma, o estudo da aplicação prática do BIM 360 Design e do BIM 360 Plan não foi possível por se tratarem de produtos pagos. Relativamente aos dispositivos móveis, o estudo da aplicação ao caso de estudo foi desenvolvido para o dispositivo iPhone.

A utilização do BIM 360 Glue não permite agregar os modelos das diferentes especialidades do caso de estudo, impossibilitando a total análise das suas funcionalidades recorrendo à aplicação prática.

6.2. BIM 360 Docs

O BIM 360 Docs é uma plataforma de gestão de documentos de projetos de construção, que permite a partilha de informações, de forma controlada, entre toda a equipa de projeto, bem como a gestão dos documentos contratuais e o acompanhamento das atividades do projeto pelo dono do empreendimento. Com a centralização dos documentos, o risco da repetição de trabalho é reduzido a partir do controlo das versões dos documentos (Autodesk BIM 360 Docs, 2018).

No BIM 360 Docs é fornecido um repositório único do projeto, em *cloud*, com armazenamento ilimitado, com suporte para elevado número de arquivos e com registo de todas as atividades realizadas ao longo do projeto. O controlo dos documentos permite definir o acesso de acordo com o membro, a função e/ou a empresa incorporada na equipa do projeto, através de diferentes níveis de permissão, bem como o acesso em cada nível do projeto ou em cada pasta armazenada (Autodesk BIM 360 Docs, 2018).

A navegação no BIM 360 Docs permite a visualização de arquivos 2D e 3D, bem como criar, visualizar, atribuir e rastrear RFI's e possíveis problemas existentes no projeto.

Com o aplicativo BIM 360 Docs, disponível para dispositivos móveis iOS (iPhone e iPad) e Android, é possível aceder ao repositório de cada projeto em qualquer lugar por parte de qualquer membro do projeto, sem necessidade que o dispositivo móvel utilizado possua o *software* do tipo de arquivo em questão, com acesso online e offline.

Recorrendo ao BIM 360 Docs em dispositivos móveis, todos os trabalhadores envolvidos no processo de construção mantêm-se atualizados com as versões mais recentes dos projetos, podendo contribuir para ações de revisão do projeto, bem como identificar e relatar problemas identificados a partir do local de obra.

Para a utilização do BIM 360 Docs, os membros do projeto devem possuir conta Autodesk, a partir da qual acedem à plataforma do BIM 360 Docs. Inicialmente cria-se a conta de utilizador, como se indica na Figura 30, onde se inclui o nome, empresa e contacto telefónico e endereço eletrónico do utilizador.

✕

Sign up to BIM 360 Docs

Get started by entering your details.

☐ I agree to the [Autodesk Terms of Use](#) and acknowledge the [Privacy Statement](#).

☐ By ticking this box, you consent to receive marketing emails, including emerging trends, thought leadership and exclusive opportunities related to our software, from Autodesk at the email address you have provided. You understand you can withdraw this consent at any time by using the unsubscribe link at the bottom of any email marketing communications or by [clicking here](#). To view our privacy policy, [click here](#).

SUBMIT

Figura 30 - Criação conta BIM 360 Docs.

A interface de cada projeto no BIM 360 Docs divide-se em quatro secções, nomeadamente, página inicial do projeto, gestão de documentos, administração do projeto e administrador da conta, como se demonstra na Figura 31.

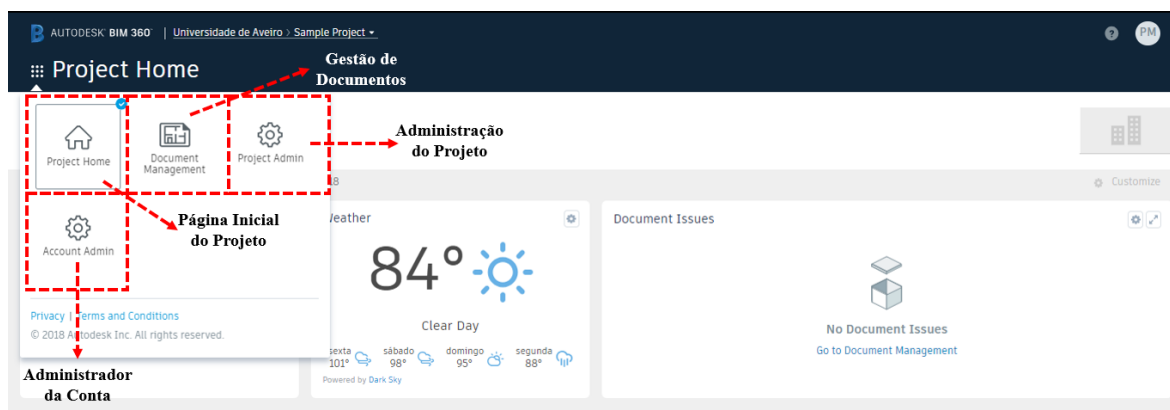


Figura 31 - Interface do BIM 360 Docs.

Na página inicial do projeto (Figura 32) apresenta-se uma visão geral do mesmo, com acesso a informações relevantes do BIM 360, em formato de cartões, como a localização do projeto, as previsões de condições meteorológicas para o local definido e os problemas detetados e registados nos documentos do projeto, indicando ainda o nome do projeto em questão e as datas definidas para a sua execução.

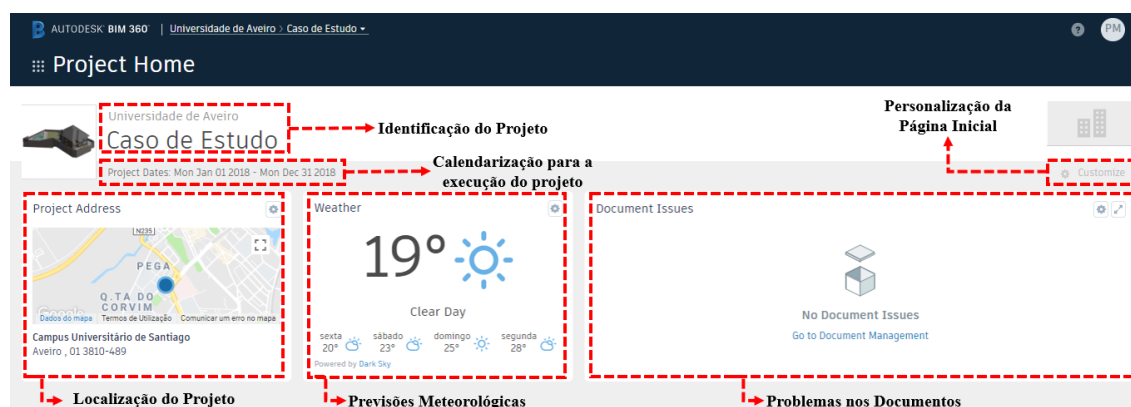


Figura 32 - Interface da página inicial do projeto em BIM 360 Docs.

Segundo as especificações da Autodesk, é ainda possível acrescentar cartões com listas de verificações agendadas, listas de problemas existentes em obra, ambos para utilizadores do Field Management, listas de RFI's existentes e de *Submittals* que necessitam de resposta (Autodesk BIM 360, 2018a).

As informações apresentadas na página inicial do projeto dependem do nível de permissão de cada utilizador, sendo, no entanto, possível a cada membro do projeto personalizar de acordo com as suas necessidades, adicionando, removendo e/ou reorganizando a ordem dos cartões, como demonstrado na Figura 33.



Figura 33 - Personalização da página inicial do projeto em BIM 360 Docs.

A secção de gestão de documentos corresponde ao repositório em *cloud*, onde todos os documentos são armazenados e disponibilizados para acesso por parte dos membros do projeto, dividindo-se entre “Pastas” e “Problemas”.

Em “Pastas” é possível carregar e controlar os documentos e pastas criadas, através da indicação da versão mais recente, da respetiva data de atualização e do membro responsável, bem como a identificação de marcas de revisão e de problemas identificados no projeto. A apresentação pode-se efetuar em forma de lista ou de miniaturas, de acordo com o arbítrio de cada utilizador. Salienta-se ainda que nesta subsecção é possível gerir os níveis de permissão dos membros envolvidos no projeto. Na Figura 34 apresenta-se a interface da subsecção de pastas da gestão de documentos do BIM 360 Docs.

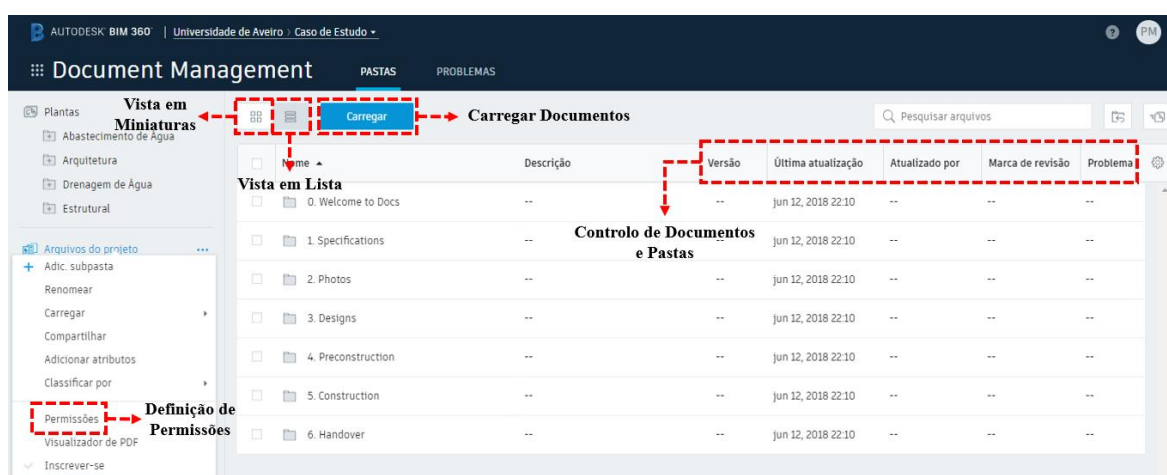


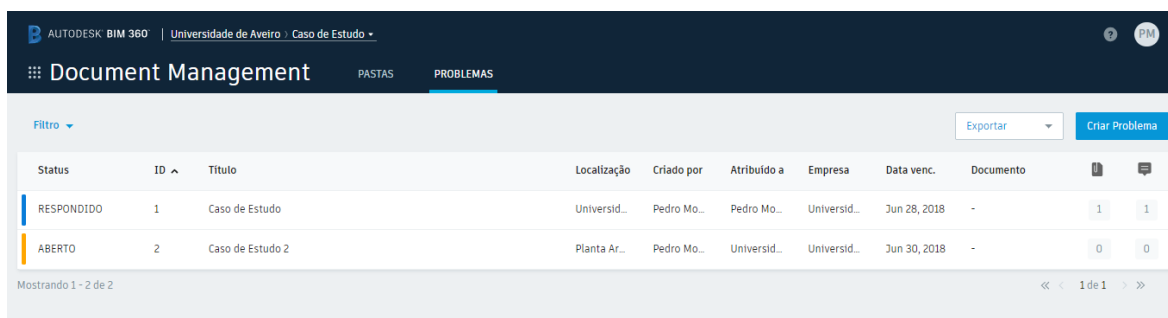
Figura 34 - Interface da subsecção de pastas da gestão de documentos do BIM 360 Docs.

Em “Problemas” é possível proceder à criação de problemas detetados e, posteriormente, acompanhar e coordenar a sua resolução. Para a criação de um problema, o utilizador indica o estado e o respetivo nome, descrevendo as suas características, assinalando a sua localização e o documento em que se encontra o problema, atribuindo o membro responsável do projeto pela sua resolução e definindo a data limite para tal.

Após a criação de problemas é possível editar o responsável e a data de resolução, acrescentar comentários, adicionar anexos relevantes para a resolução do problema e acompanhar todas as ações desenvolvidas ao longo de todo o processo de resolução. Complementarmente é possível alternar o estado do problema entre “Aberto”, “Respondido”, onde se atribui uma resposta oficial ao problema, e “Fechado”, indicando que o problema se encontra resolvido.

Outra funcionalidade existente em “Problemas” é a possibilidade de exportar os problemas criados, através de relatórios PDF, gerados e enviados por email para o utilizador que o requer, e através de relatórios em CSV (valores separados por vírgula), em formato Excel, diretamente para o dispositivo utilizado pelo utilizador.

Na Figura 35 apresenta-se a interface da subsecção de problemas da gestão de documentos do BIM 360 Docs. Os problemas apresentados foram desenvolvidos apenas para demonstração das potencialidades existentes da plataforma.

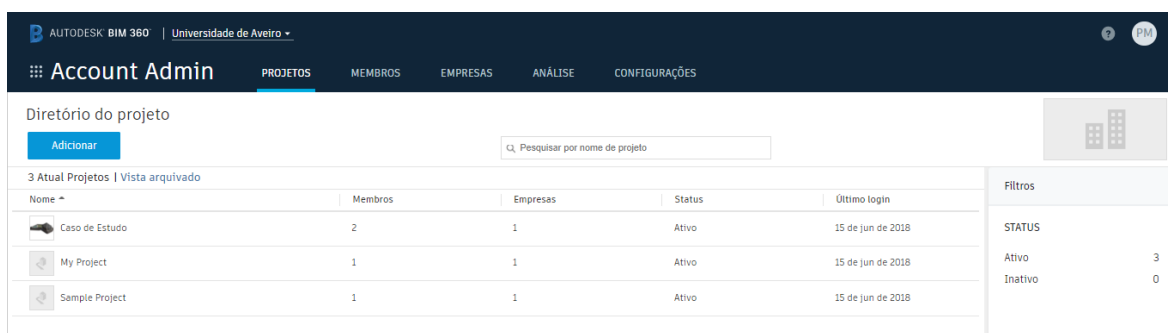


Status	ID	Título	Localização	Criado por	Atribuído a	Empresa	Data venc.	Documento		
RESPONDIDO	1	Caso de Estudo	Universid...	Pedro Mo...	Pedro Mo...	Universid...	Jun 28, 2018	-	1	1
ABERTO	2	Caso de Estudo 2	Planta Ar...	Pedro Mo...	Universid...	Universid...	Jun 30, 2018	-	0	0

Mostrando 1 - 2 de 2

Figura 35 - Interface da subsecção de problemas da gestão de documentos do BIM 360 Docs.

A secção de administrador da conta possibilita a gestão da conta Autodesk BIM 360, bem como dos projetos, membros e informações das empresas. Os administradores podem adicionar, personalizar e editar projetos, assim como acrescentar e/ou remover membros e definir novos administradores do projeto. Adicionalmente é fornecida a análise geral do estado da conta do administrador, indicando a data de renovação da assinatura do produto BIM 360 Docs, o número total de projetos ativos, empresas parceiras e membros envolvidos no projeto. Na Figura 36 apresenta-se a interface da secção de administrador da conta do BIM 360 Docs.



Nome	Membros	Empresas	Status	Último login
Caso de Estudo	2	1	Ativo	15 de jun de 2018
My Project	1	1	Ativo	15 de jun de 2018
Sample Project	1	1	Ativo	15 de jun de 2018

Filtros

STATUS	
Ativo	3
Inativo	0

Figura 36 - Interface da secção de administrador da conta do BIM 360 Docs.

A secção de “Administração do Projeto” possui as capacidades de gestão de membros e empresas referentes ao respetivo projeto. Indica ainda os serviços BIM 360 associados ao mesmo, onde são registadas todas as atividades realizadas ao longo do projeto.

Para a utilização do BIM 360 Docs na gestão dos documentos do caso de estudo analisado no presente documento, procedeu-se à criação de um novo projeto, na secção de administrador da conta, definindo o nome (Caso de Estudo), o tipo de projeto (Moradia Unifamiliar), a tipologia de construção (Construção Nova), a calendarização do projeto e a sua localização. É ainda possível estabelecer o valor do projeto e o tipo de contrato, mas tratando-se de um trabalho académico não se quantificou o valor nem se especificou a tipologia de entrega. Na Figura 37 apresenta-se o perfil do projeto do caso de estudo no BIM 360 Docs.

The screenshot displays the 'Project Admin' interface in the BIM 360 software. The top navigation bar includes 'MEMBROS', 'EMPRESAS', 'SERVIÇOS', and 'PERFIL'. The 'PERFIL' tab is active, showing a form for project details. On the left, there is a 3D model of a building and a status indicator 'Ativo'. The main form contains the following fields:

Tipo de projeto	Endereço do projeto
Residência unifamiliar	Campus Universitário de Santiago
Tipo de construção	Aveiro
Construção nova	Aveiro
Valor do projeto	Portugal
0 EUR	3810-489
Tipo de contrato	Fuso horário do projeto
Projeto e construção	(GMT + 00:00) Lisboa
Data do projeto	Unidade de negócios
1 de jan de 2018 a 31 de dez de 2018	
Número de trabalho do projeto	Idioma do projeto do BIM 360 Field
	Inglês

Figura 37 - Perfil do projeto do caso de estudo no BIM 360 Docs.

Após a criação do projeto foram adicionados os membros do projeto definidos no capítulo 5.2.2. Devido à possibilidade concedida pelo BIM 360 Docs de acompanhamento de todo o processo de gestão de documentos do projeto, foi adicionado como membro do projeto o dono do projeto, intitulado como “Proprietário”.

As permissões do BIM 360 Docs estruturam-se em cinco diferentes níveis:

- Somente carregar;
- Somente visualizar;
- Visualizar e carregar;
- Visualizar, carregar e editar;
- Visualizar, carregar, editar e controlar.

Para o dono do projeto a permissão definida foi a de somente visualizar, para que possa acompanhar todo o trabalho desenvolvido. Para o gestor BIM, que assume no projeto o papel de administrador é atribuída permissão para visualizar, carregar, editar e controlar, de forma a garantir o acompanhamento e a monitorização de todo o projeto. Para os restantes membros concede-se a permissão para visualizar, carregar e editar os documentos referentes ao projeto, para que tenham a possibilidade de trabalho colaborativo entre as diferentes especialidades.

De seguida adicionaram-se os documentos referentes ao caso de estudo desenvolvido no presente documento. Foram incluídas as plantas CAD, previamente fornecidas, de cada uma das especialidades desenvolvidas, assim como os modelos virtuais desenvolvidos.

A divisão de pastas para armazenamento dos documentos foi efetuada de acordo com as especialidades desenvolvidas no modelo virtual do caso de estudo. Cada uma das pastas é composta por duas subpastas, correspondente aos arquivos da respetiva especialidade do modelo virtual e aos arquivos das plantas CAD fornecidas, como se mostra na Figura 38.

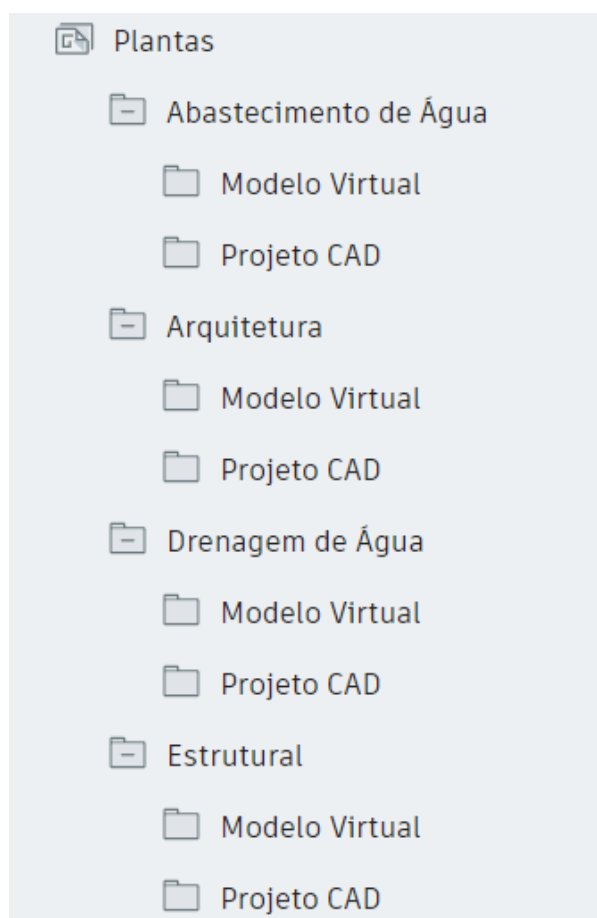


Figura 38 - Estruturação de pastas do caso de estudo no BIM 360 Docs.

Após a inclusão de todos os documentos referentes ao projeto, todos os membros envolvidos encontram-se com capacidade para trabalhar e aceder às informações do projeto através de um repositório único na *cloud*, melhorando o trabalho colaborativo entre todos os intervenientes no projeto.

Em cada arquivo, 2D ou 3D, a interface do BIM 360 Docs possibilita aos membros do projeto, desde que possuam permissão, que criem marcas de revisão, identifiquem problemas e acompanhem o histórico de atividades. No que toca à visualização existem ferramentas que permitem alternar a visualização do modelo, possibilitando a vista em primeira pessoa, o que permite percorrer todo o projeto, inclusive dentro de divisões.

Para analisar o projeto é possível realizar análises a planos de corte e medições do modelo e dos seus elementos, bem como ativar e desativar a visibilidade dos problemas identificados. É ainda possível navegar ao longo de todos os elementos criados do projeto, permitindo mostrar e ocultar elementos específicos ou a totalidade de uma família. Selecionando qualquer elemento, encontram-se disponíveis todas as propriedades definidas aquando da criação do modelo. Adicionalmente, podem-se definir todas as configurações de visibilidade de acordo com as necessidades de cada utilizador, havendo ainda a possibilidade de visualizar o modelo em tela cheia e de alternar entre documentos existentes na mesma pasta do projeto em causa.

Na Figura 39 apresentam-se todas as funcionalidades da interface do modelo do caso de estudo no BIM 360 Docs.

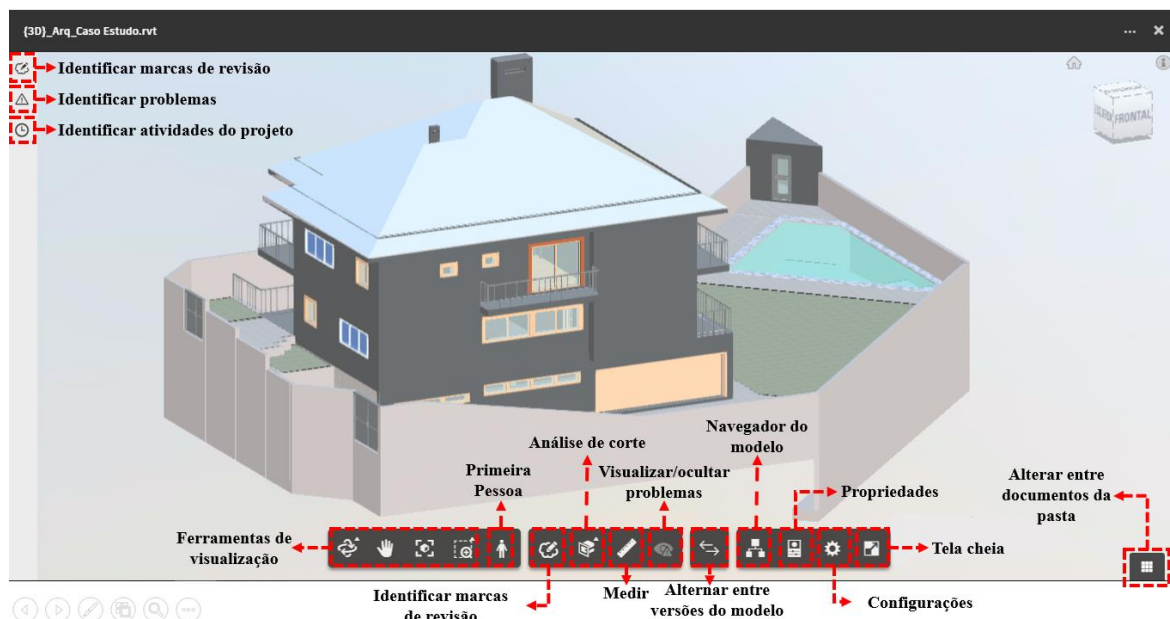


Figura 39 - Interface do modelo de arquitetura 3D do BIM 360 Docs em computador.

Nos dispositivos móveis, os membros do projeto podem navegar entre diferentes projetos (Figura 40 a)) e aceder a todos os documentos existentes no repositório de cada projeto, tal como aceder aos *downloads* efetuados e aos problemas criados no projeto e indicados nos documentos (Figura 40 b)).

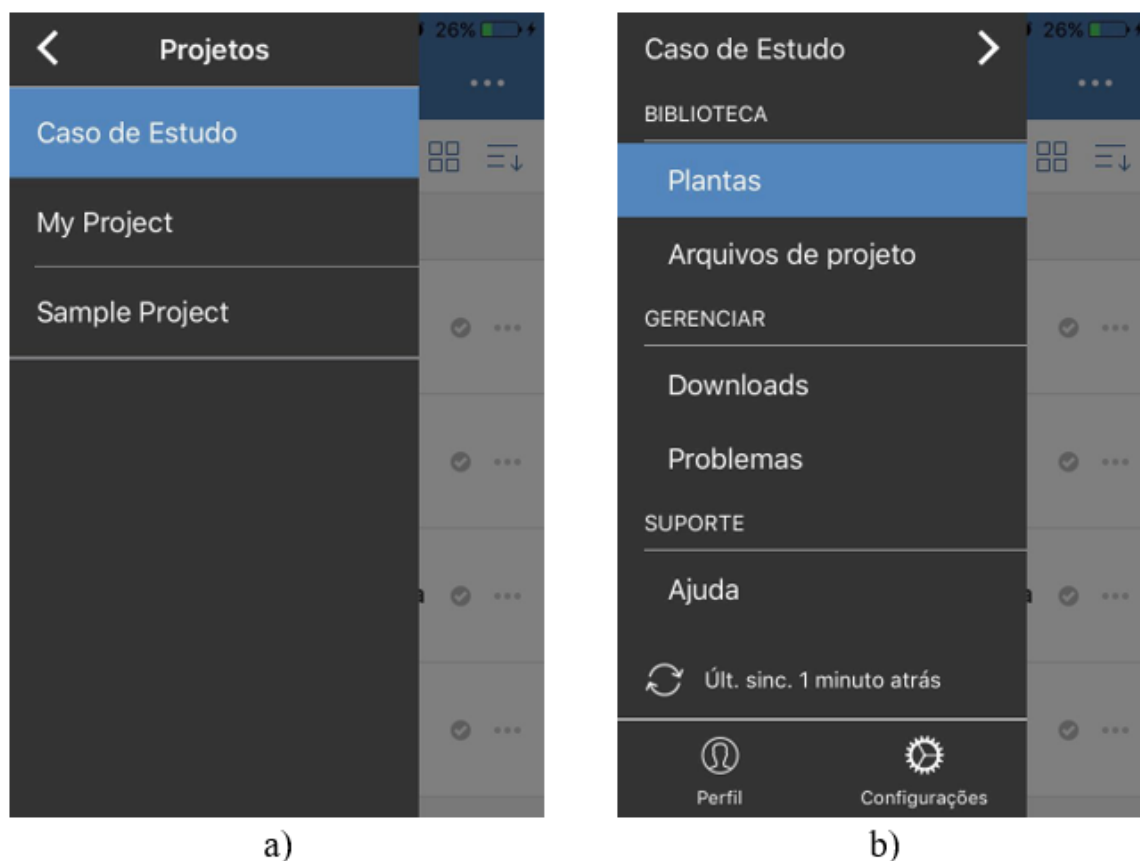


Figura 40 – Navegação do BIM 360 Docs no dispositivo móvel iPhone. a) Navegação entre projetos; b) Navegação entre dentro de um projeto.

A possibilidade de descarregar documentos, individuais ou pastas na sua totalidade, permite aos membros aceder a todas as informações do projeto que necessitam, independentemente de onde se encontrem e mesmo que não possuam ligação a qualquer rede de internet.

Tal como em computador, a interface do BIM 360 Docs nos dispositivos móveis possibilita realizar marcas de revisão, identificar problemas existentes, efetuar medições no modelo e nos seus elementos, para além da possibilidade de vista em primeira pessoa, permitindo ainda alternar entre modelos existentes na mesma pasta, como se indica na Figura 41. De ressaltar que a visualização do modelo 3D no dispositivo móvel não apresenta o mesmo ambiente de iluminação que no BIM 360 Docs em computador.



Figura 41 – Interface do modelo de arquitetura 3D do BIM 360 Docs em iPhone.

Adicionalmente é possível analisar isoladamente cada elemento do projeto, através do navegador do projeto, disponível nas outras funcionalidades. Procedendo à seleção de qualquer elemento os membros do projeto podem aceder às suas propriedades, como se vê na Figura 42.

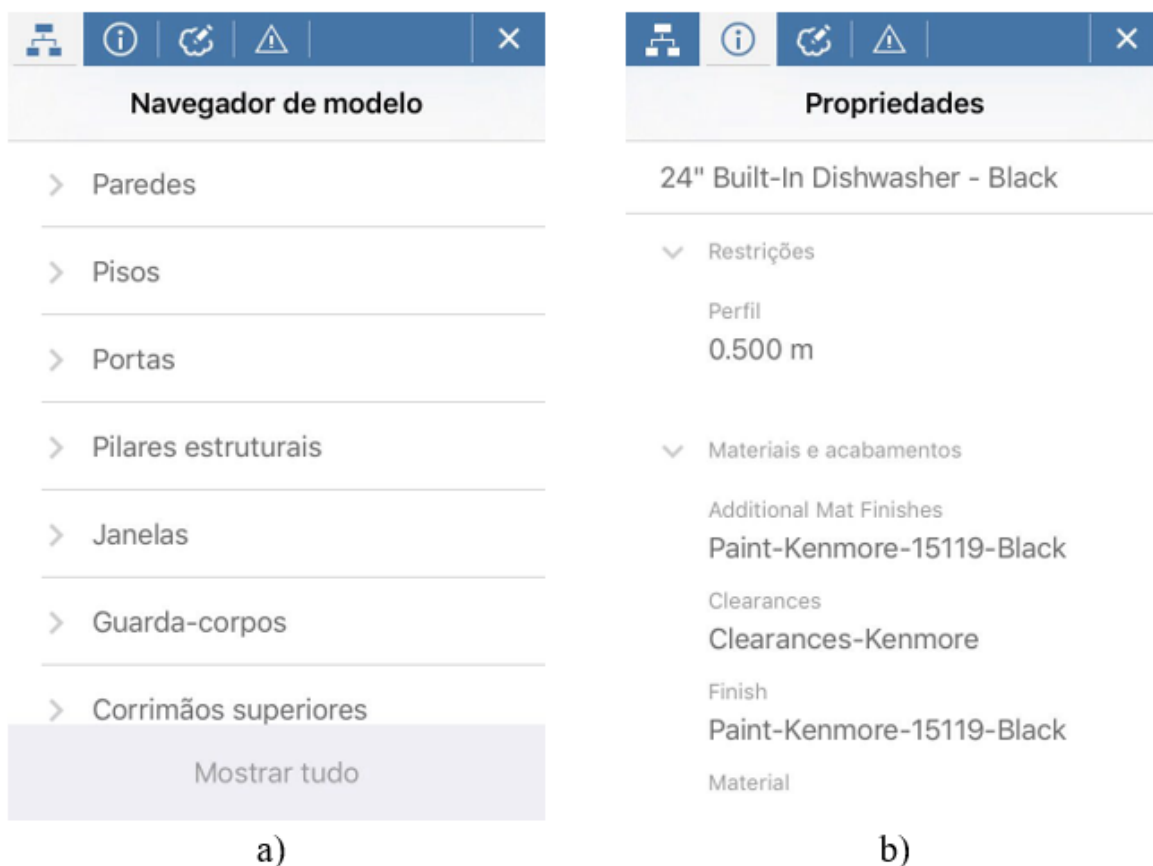


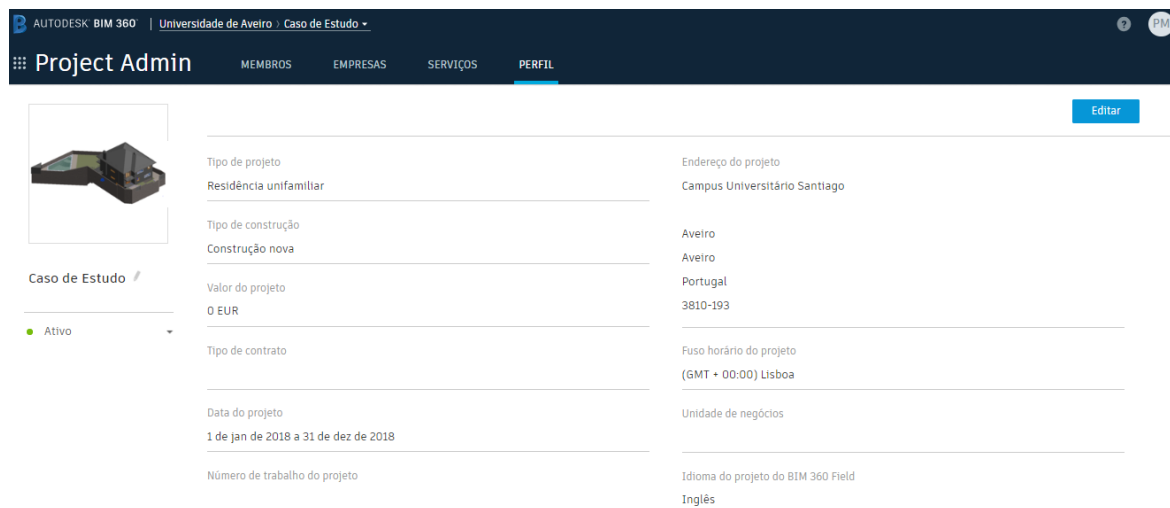
Figura 42 – Interface da análise individual de elementos do BIM 360 Docs em iPhone. a) Navegador do Projeto; b) Propriedades.

6.3.BIM 360 Build

O BIM 360 Build é um serviço de gestão de campo baseado em *cloud*, que combina a utilização do aplicativo móvel BIM 360 Field, em obra, possibilitando aos profissionais de construção acederem de forma fácil e intuitiva às informações dos projetos, bem como partilhar dados críticos do processo construtivo com as equipas de projeto (IMAGINiT, 2017).

Com o BIM 360 Build é possível melhorar o controlo de qualidade da construção e da segurança em obra, através da criação de listas de verificação para garantir a conformidade da construção com o projeto e da implementação de inspeções a serem efetuadas no local de trabalho. Também é possível criar, atribuir e gerir prolemas, RFI's ou *Submittals*, tal como acompanhar o desempenho do processo construtivo com a realização de relatórios diários de construção (Autodesk BIM 360 Build, 2018).

Todas as funcionalidades do BIM 360 Build executam-se com recurso ao *software* BIM 360 Field, em Web e em dispositivos móveis. A criação de novos projetos efetua-se na secção de administrador da conta BIM 360 do utilizador, onde é também possível adicionar membros e empresas integrantes do projeto (Autodesk BIM 360 Build, 2018). Na Figura 43 apresenta-se o perfil do projeto do caso de estudo criado no BIM 360 Field.



The screenshot displays the 'Project Admin' interface in BIM 360 Field. The top navigation bar includes 'Project Admin', 'MEMBROS', 'EMPRESAS', 'SERVIÇOS', and 'PERFIL'. The 'PERFIL' tab is active. On the left, there is a 3D model of a building and a status indicator 'Ativo'. The main area shows project details in two columns:

Tipo de projeto Residência unifamiliar	Endereço do projeto Campus Universitário Santiago
Tipo de construção Construção nova	Aveiro Aveiro Portugal 3810-193
Valor do projeto 0 EUR	Fuso horário do projeto (GMT + 00:00) Lisboa
Tipo de contrato	Unidade de negócios
Data do projeto 1 de jan de 2018 a 31 de dez de 2018	Idioma do projeto do BIM 360 Field Inglês
Número de trabalho do projeto	

An 'Editar' button is located in the top right corner of the profile section.

Figura 43 - Perfil do caso de estudo no BIM 360 Field.

O BIM 360 Field permite a partilha de modelos a partir do BIM 360 Glue, o que possibilita conectar com fluxos de trabalho BIM, permitindo a colaboração das equipas ao longo do projeto. Esta partilha de informações permite aos membros que usam o BIM 360 Field atualizarem os estados e informações dos ativos do projeto a partir do local de construção, para além de sincronizarem novas propriedades dos equipamentos com os modelos originais do Revit. Por outro lado, o administrador do BIM 360 Glue pode desenvolver modelos Glue e adicioná-los a projetos existentes no BIM 360 Field, permitindo

às equipas de construção acederem aos modelos de ativos mais recentes e atualizados (Autodesk BIM 360 Build, 2018)

A ferramenta de “Problemas” do BIM 360 Field permite visualizar problemas identificados no projeto tal como a criação de novos. Na criação de novos problemas os utilizadores do BIM 360 Field podem adicionar descrições, identificar as causas, definir a prioridade e a data para a sua execução, indicar a sua localização, bem como todas as informações técnicas necessárias para a compreensão e resolução do problema, para além de associar documentos, ficheiros ou fotos. Na Figura 44 apresenta-se a interface da adição de novos problemas no BIM 360 Field (Autodesk BIM 360 Field, 2018).

The screenshot shows the 'Add New Issue' interface in BIM 360 Field. At the top, there is a black header bar with the title 'Add New Issue' in white, and two buttons: 'Save' and 'Close'. Below the header, there is a tab labeled 'Details' and a paperclip icon. The form contains the following fields:

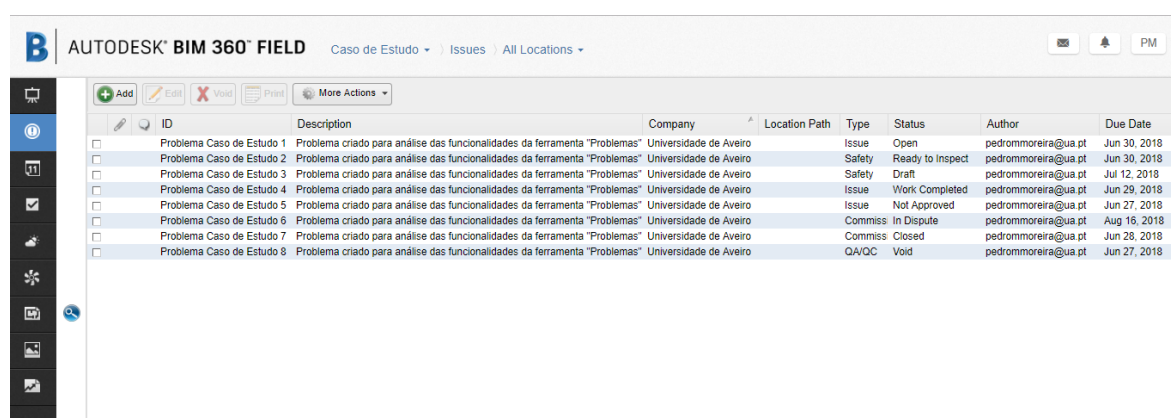
- Issue type:** A dropdown menu with 'Issue' selected.
- * Issue ID:** A text input field containing 'Problema Caso de Estudo'.
- * Description:** A text area containing 'Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas" do BIM 360 Field.'
- Root cause:** A dropdown menu with 'Análise Funcionalidades' selected.
- Company:** A dropdown menu with 'Universidade de Aveiro' selected.
- Priority:** A dropdown menu with 'High' selected.
- Status:** A dropdown menu with 'Open' selected.
- Due date:** A date input field with 'Jun 30, 2018' and a calendar icon.
- Location:** A dropdown menu.
- Location detail:** A text input field.

Figura 44 - Criação de problemas no BIM 360 Field

Na análise de cada problema os utilizadores podem adicionar comentários sobre o mesmo, enviar avisos do problema à empresa responsável pela sua resolução e o administrador do projeto pode acompanhar e controlar todo o histórico de atividades realizadas ao longo do processo de resolução. No decorrer da resolução o estado do problema é atualizado de acordo com as ações desenvolvidas, o que fornece aos utilizadores e ao

administrador do projeto a percepção geral da situação do problema. É ainda possível importar problemas a partir de ficheiros, tal como exportar todos os problemas existentes para listas em Excel (Autodesk BIM 360 Field, 2018).

Na Figura 45 apresenta-se a interface geral de todos os problemas existentes, onde é possível aceder à descrição dos problemas, à empresa responsável pela sua resolução, à sua localização, ao tipo de problema, ao estado atual ou à data definida para resolução. Todos os problemas apresentados na Figura 45 foram criados para análise das funcionalidades da ferramenta “Problemas” do BIM 360 Field.



ID	Description	Company	Location Path	Type	Status	Author	Due Date
Problema Caso de Estudo 1	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Issue	Open	pedrommoreira@ua.pt	Jun 30, 2018
Problema Caso de Estudo 2	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Safety	Ready to Inspect	pedrommoreira@ua.pt	Jun 30, 2018
Problema Caso de Estudo 3	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Safety	Draft	pedrommoreira@ua.pt	Jul 12, 2018
Problema Caso de Estudo 4	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Issue	Work Completed	pedrommoreira@ua.pt	Jun 29, 2018
Problema Caso de Estudo 5	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Issue	Not Approved	pedrommoreira@ua.pt	Jun 27, 2018
Problema Caso de Estudo 6	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Commiss	In Dispute	pedrommoreira@ua.pt	Aug 16, 2018
Problema Caso de Estudo 7	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		Commiss	Closed	pedrommoreira@ua.pt	Jun 28, 2018
Problema Caso de Estudo 8	Problema criado para análise das funcionalidades da ferramenta "Problemas"	Universidade de Aveiro		QA/QC	Void	pedrommoreira@ua.pt	Jun 27, 2018

Figura 45 - Vista geral dos problemas criados no BIM 360 Field.

A ferramenta de “Tarefas” do BIM 360 Field permite atribuir tarefas a membros do projeto, incumbindo dos trabalhos do projeto a realizar, selecionando os membros a atribuir a tarefa e a sua categoria, entre inspeção, preenchimento de listas de verificação ou aviso, bem como a data limite para a sua realização, como demonstrado na Figura 46.

Added by **Pedro Moreira**, Phone: 915006753, created on Jun 20, 2018 at 2:17 AM

First Name	Last Name	Role	Company
Arquiteto	Caso Estudo	Architect, Document Man	Universidade de Aveiro
Arquiteto	Caso Estudo	Architect, Document Mana	Universidade de Aveiro

Figura 46 - Criação de tarefas no BIM 360 Field.

A cada tarefa é possível associar problemas, listas de verificação e equipamentos definidos no projeto, para além da possibilidade de criar comentários, anexar documentos, ficheiros ou fotos, bem como acompanhar o histórico de atividades realizadas ao longo do processo de execução da tarefa. A visão geral das tarefas criadas em cada projeto no BIM 360 Field apresenta-se em vista diária, semanal, mensal ou em lista, para o acompanhamento global de todas as tarefas existentes e do seu estado ao longo do tempo.

A ferramenta “Listas de Verificação” possibilita aos utilizadores do BIM 360 Field a criação de listas de verificação de controlo de qualidade, segurança e comissionamento dos projetos. Em cada uma destas áreas é possível criar *templates* de verificações a efetuar para utilização geral, definindo a empresa responsável por executar a verificação, as permissões de acesso, a prioridade e os problemas associados. A cada *template* de verificações é possível adicionar itens, que correspondem às atividades a realizar no processo de verificação, definindo o tipo de resposta a dar pelo utilizador que proceder à verificação.

Quando adicionadas as listas de verificação ao projeto é possível adicionar comentários e informações aos itens que as compõem, como documentos, ficheiros ou fotos, para além de associar problemas e equipamentos, como demonstrado na Figura 47.

AUTODESK BIM 360 FIELD Caso de Estudo - Checklists - Lista de Verificação de Estudo

Print Checklist View Issues Delete Save Save + Close

Details

* = required

ID: 000003 Company: Universidade de Aveiro

Name: Lista de Verificação - Commissioning Caso de Estudo Priority: Medium

Description: Status: Open

Tags: Location: Source:

Lista de Verificação - Commissioning Caso de Estudo

1 Verificação dos requisitos operacionais dos aparelhos sanitários.

Comments: Atividades a realizar na verificação

Associar equipamentos

Resposta após a verificação

Adicionar informações

Associar problemas

Figura 47 - Edição de uma lista de verificação no BIM 360 Field.

Com a ferramenta “Atualizações Diárias” do BIM 360 Field as equipas podem atualizar, visualizar e partilhar relatórios diários do projeto. Os relatórios podem incluir condições meteorológicas do local de construção, dados laborais dos trabalhadores envolvidos e notas, que podem ser redigidas diretamente no BIM 360 Field pelos utilizadores, carregadas a partir de documentos ou adicionadas a partir de documentos da Biblioteca do BIM 360 Field, como se vê na Figura 48. É ainda possível descarregar os relatórios em formato PDF e enviar para os membros do projeto por email.

AUTODESK BIM 360 FIELD Caso de Estudo - Daily Updates

Thursday, Jun. 21

Pedro Moreira

Published at: Jun. 20 Last modified at: Jun. 20

Save Draft Publish

WEATHER

LABOR

GENERAL NOTES

HISTORY

Weather Snapshot

Enter Location: e.g. address, postal code and country Load Weather

Campus Universitário de Santiago, 3810-168 Aveiro, Portugal Powered by Forecast.io

Conditions: Rain starting in the evening.

High: 24°C at 2:00 PM

Low: 17°C at 6:00 AM

Visibility: 16 km

Humidity: 82%

Wind: 5 kph

Precipitation (rain): 7 mm

Add any relevant notes here

Figura 48 - Criação de relatórios diários no BIM 360 Field.

Em “Equipamentos” é possível adicionar novos equipamentos ao projeto, de acordo com as normas COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*). A criação de equipamentos pode ser efetuada diretamente no BIM 360 Field ou através do carregamento de modelos a partir do BIM 360 Glue.

Na gestão dos equipamentos é possível associar-lhes problemas, o que permite controlar o processo de resolução e gerar relatórios sobre o equipamento e os respetivos problemas.

Os relatórios de equipamentos dividem-se em relatórios de problemas do equipamento, que revelam as informações dos problemas criados para cada um, relatórios do estado do equipamento, que enumeram os itens do equipamento agrupados por estados, e relatórios de lista por tipo, que identifica uma lista de equipamentos agrupados por tipo.

Outra funcionalidade da ferramenta “Equipamentos” é a possibilidade de exportar os equipamentos para o BIM 360 Ops, fornecendo todas as informações para a fase de operação e manutenção dos equipamentos.

Na “Biblioteca” do BIM 360 Field é possível armazenar os documentos relevantes para o projeto, como plantas, manuais ou planos de projeto, permitindo que os membros do projeto possam aceder às informações que necessitam em qualquer lugar. É ainda possível adicionar marcações nos documentos da biblioteca, em imagens ou em PDF’s anexados a problemas, listas de verificação, tarefas ou equipamentos, possibilitando a troca de informações do projeto, facilitando e acelerando a colaboração entre os membros e equipas do projeto.

Para o armazenamento de fotos do projeto o BIM 360 Field possui um repositório próprio, que permite visualização e partilha de fotos do projeto entre os membros do projeto.

Por último, a ferramenta “Relatórios” permite aos membros criar relatórios instantâneos para consulta própria do estado em que o projeto se encontra ou para partilha, por email, com outros membros do projeto ou com clientes. Os relatórios instantâneos podem ser de problemas, tarefas, listas de verificação, relatórios diários e de equipamentos, sendo que em cada relatório são incluídas todas as informações, documentos e marcações associadas ao elemento em causa.

Na Tabela 33 apresentam-se os tipos de relatórios que são possíveis criar em cada um dos elementos do BIM 360 Field.

Tabela 33 - Tipos de relatórios instantâneos do BIM 360 Field.

Elemento	Tipos de Relatórios
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo médio para a resolução de problemas; • Número de problemas; • Tendência de acumulação de problemas; • Detalhes dos problemas; • Lista de problemas; • Lista de problemas por projeto; • Mudanças dos estados dos problemas; • Resumo do estado dos problemas; • Tendências; • Tendências por projeto;
Tarefas	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas das tarefas; • Detalhes das tarefas; • Lista de tarefas; • Resumo de tarefas; • Grelha de localização visual;
Listas de Verificação	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas; • Atividade; • Conformidade; • Detalhes; • Detalhes por projeto; • Contagem de problemas por projeto; • Lista de observação; • Resumo de listas de verificação;
Relatórios Diários	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhes; • Atividade laboral; • Trabalho e mão de obra;
Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas; • Resumo da lista de equipamentos; • Mudanças de equipamentos; • Listas de equipamentos por tipo; • Estado dos equipamentos;
Conta de Utilizador	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades do projeto BIM 360 Field; • Atividades do utilizador BIM 360 Field;

A utilização do aplicativo BIM 360 Field em dispositivos móveis dá a possibilidade aos membros do projeto de acederem aos problemas e às listas de verificação em qualquer lugar, mesmo sem uma ligação de internet, para além da capacidade de criar novos problemas e listas de verificação.

O utilizador do aplicativo pode aceder a todos os projetos nos quais está envolvido através da página pessoal, como se apresenta na Figura 49.

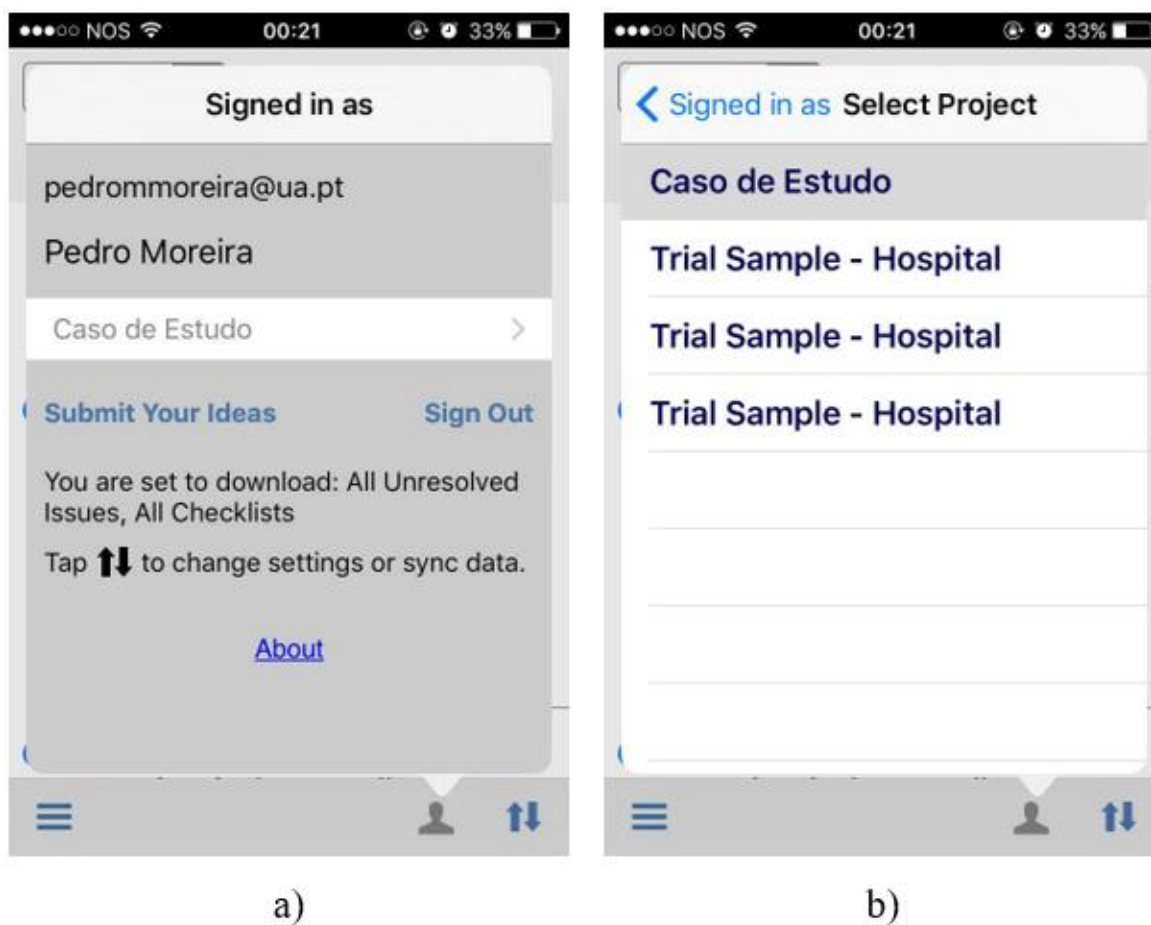


Figura 49 – Interface página pessoal aplicativo BIM 360 Field. a) Página pessoal; b) Lista de projetos.

Em “Problemas” e “Listas de verificação”, para além de aceder a todas as informações existentes, os membros do projeto podem executar as mesmas funções no aplicativo que executam no BIM 360 Field a partir da *Web*, como editar o estado ou adicionar comentários e documentos, como representado na Figura 50.

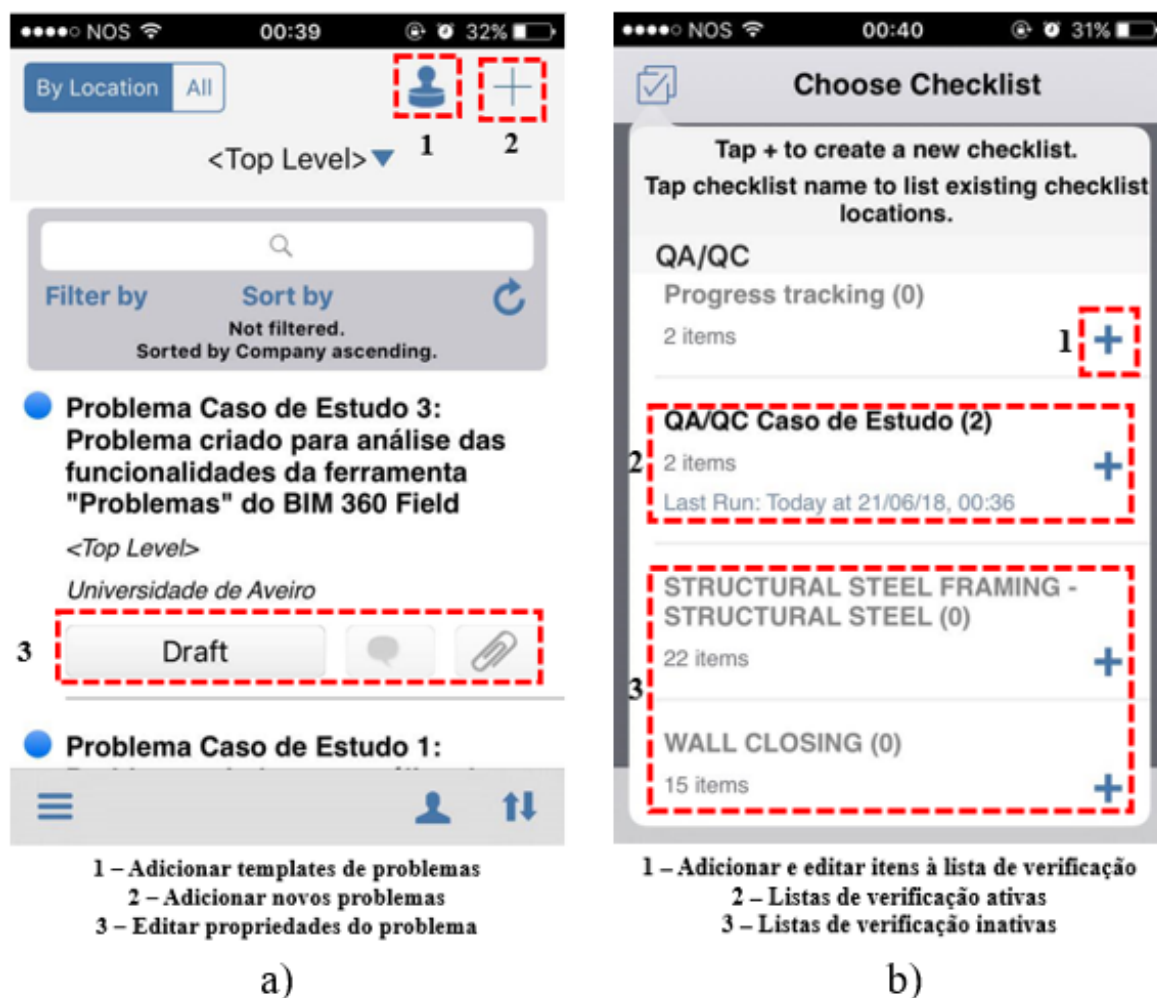


Figura 50 - Visualização das funcionalidades do aplicativo BIM 360 Field. a) Problemas; b) Listas de verificação.

Após a edição ou inclusão de novas informações no projeto, os utilizadores devem sincronizar o projeto, para que todas as atualizações sejam partilhadas com os restantes membros. A sincronização também é utilizada para descarregar para o dispositivo móvel todas as atualizações efetuadas pelos outros membros do projeto, permitindo ainda o acesso a todas as informações mesmo sem ligação a uma rede de internet.

Cada utilizador pode definir as atualizações que deseja carregar e descarregar para o seu dispositivo móvel e aceder ao relatório de partilha de atualizações efetuadas, como representado na Figura 51.

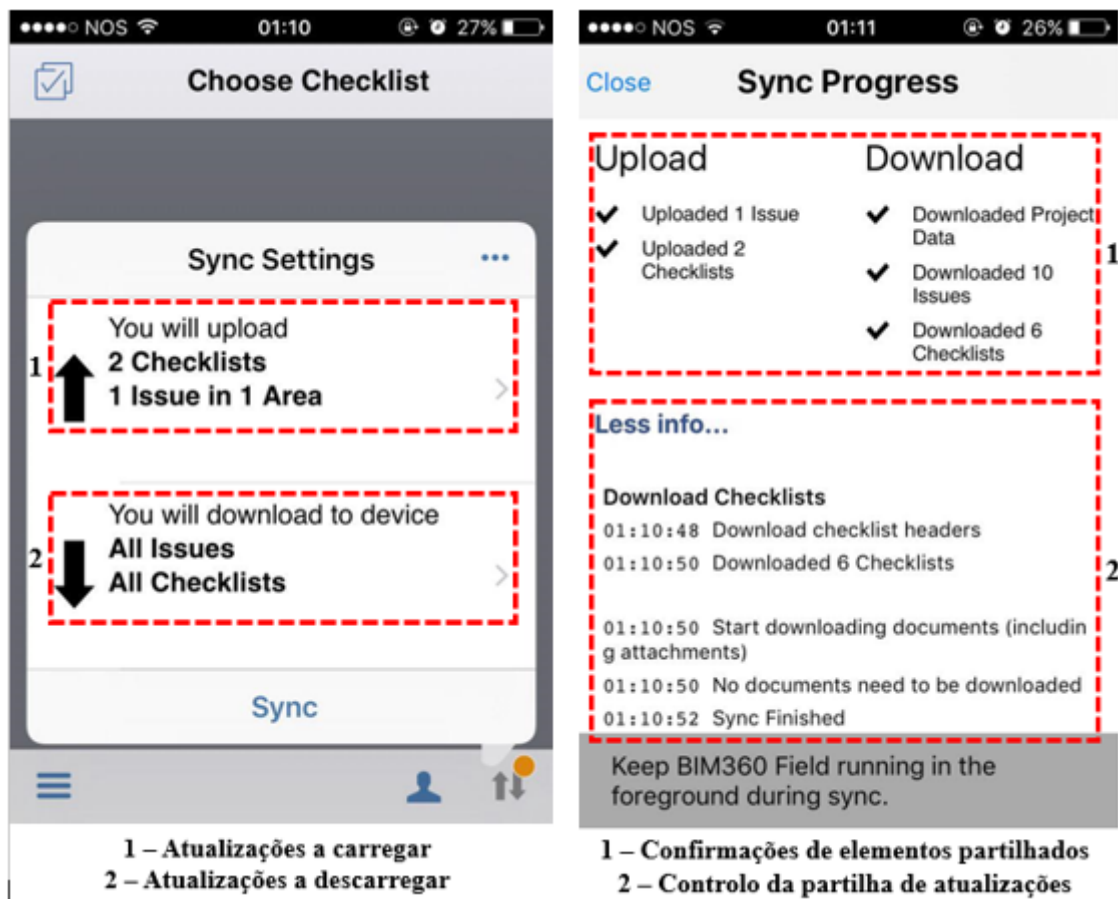


Figura 51 - Sincronização de atualizações no aplicativo BIM 360 Field. a) Definição das atualizações a sincronizar; b) Relatório do processo de sincronização.

6.4.BIM 360 Design

O BIM 360 Design trata-se de uma adaptação do *Collaboration for Revit*, também da Autodesk, que permite a partilha de trabalho e colaboração entre equipas de projeto, através do trabalho colaborativo em *cloud* e da gestão de documentos. Nele, todas as equipas das diferentes especialidades do projeto podem trabalhar em ambiente colaborativo através da *cloud*, existindo controlo de acessibilidade entre os membros do projeto, de acordo com as suas funções, bem como do processo de entrega de informações e as mudanças geradas nos modelos entre os processos de entrega, facilitando a troca de modelos e o processo de coordenação de entrega (Autodesk BIM 360 Design, 2018).

Com o BIM 360 Design os membros do projeto podem criar e editar modelos do Revit em tempo real e acompanhar os desenvolvimentos efetuados no projeto, permitindo o controlo das atividades realizadas e do histórico de versões dos documentos, tal como gerir problemas entre especialidades (Autodesk BIM 360 Design, 2018).

O BIM 360 Design possui um repositório único em *cloud* com armazenamento ilimitado e com suporte para modelos Revit 3D, plantas CAD 2D e outros formatos de arquivo, permitindo criar e partilhar marcações 2D e 3D para revisão colaborativa entre os membros do projeto. O acesso ao BIM 360 Design pode ser efetuado com ou sem acesso à internet, a partir da Web e de dispositivos móveis (Autodesk BIM 360 Design, 2018).

O BIM 360 Design estrutura-se em cinco componentes (Convergence, 2018):

- ***Revit Cloud Worksharing*** – Para colaboração entre utilizadores e membros do projeto na criação de modelos em Revit;
- ***Document Management*** – Para gestão de informações e documentos do projeto, controlo de permissões de acesso e colaboração na Web e dispositivos móveis;
- ***Design Collaboration*** – Para controlar o trabalho colaborativo em cloud, incluindo rastreamento de marcos e coordenação de entrega;
- ***Administration*** – Para configuração da conta do utilizador e do projeto;
- ***Autodesk Desktop Connector*** – Para conectar o repositório em *cloud* com a área de trabalho do utilizador.

6.5.BIM 360 Glue

O BIM 360 Glue é um produto de colaboração BIM para revisões do projeto, possibilitando que estas se efetuem em escritório ou em obra, garantindo uma maior coordenação multidisciplinar. Este produto permite conectar à *cloud* os fluxos de trabalhos de coordenação, acelerando as revisões sobre o projeto e permitindo que as equipas identifiquem e resolvam possíveis problemas de incompatibilidades do projeto antes da fase de construção (Autodesk BIM 360 Glue, 2018c).

A metodologia de trabalho do BIM 360 Glue consiste na agregação de modelos de diferentes especialidades do projeto em *cloud* e, através da comparação entre eles, é possível identificar de modo automático a existência de incompatibilidades. Desta forma, deixa de ser necessário esperar por reuniões de coordenação para a identificação e resolução de problemas existentes no projeto, reduzindo o tempo necessário para a conceção geral do projeto e acelerando os fluxos de trabalho de construção (Autodesk BIM 360 Glue, 2018c).

O BIM 360 Glue permite o acesso a modelos 3D e às informações mais recentes do projeto durante todo o seu ciclo de vida em qualquer lugar e a qualquer hora, com suporte para mais de 50 formatos de arquivo e possibilita a sincronização dos modelos do projeto para acesso *offline* (Autodesk BIM 360 Glue, 2018c).

Uma outra funcionalidade da plataforma é a integração com outros softwares da Autodesk, o que permite carregar projetos desses *software* diretamente para o BIM 360 Glue, e quando identificadas incompatibilidades, corrigi-las no *software* de projeto e voltar a carregar para o BIM 360 Glue. Os *software* de colaboração são o AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, Revit, *Naviswork Manage* e o *Point Layout*. Para conectar estes *software* com a *cloud* do BIM 360 Glue é necessário instalar o suplemento (*add-in*) BIM 360 (Autodesk BIM 360 Glue, 2018b)

Na Figura 52 apresenta-se o suplemento do BIM 360 Glue para o *software* Revit.

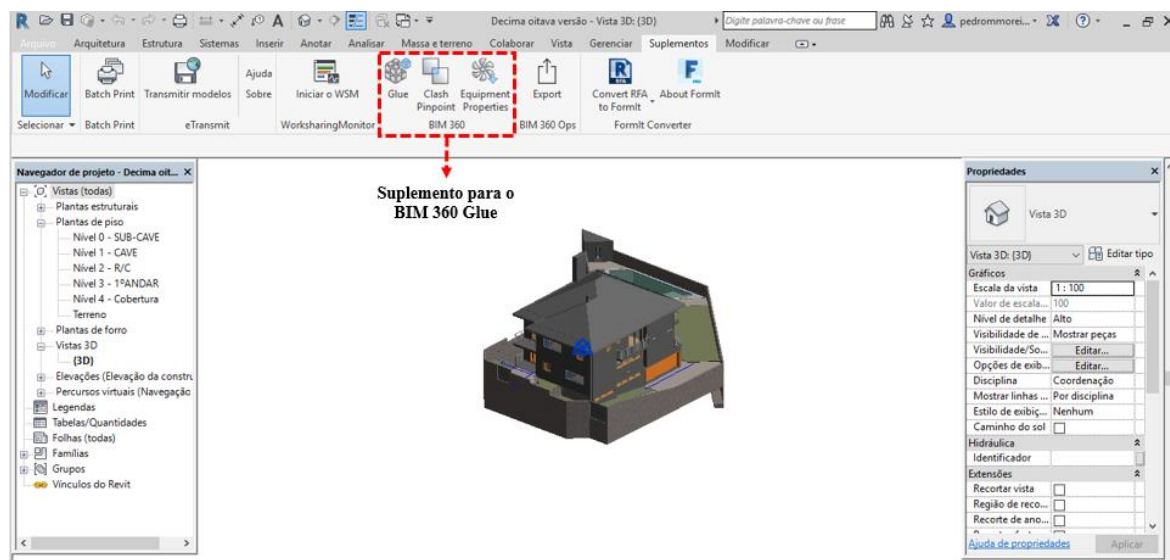


Figura 52 - Suplemento BIM 360 Glue para o *software* Revit.

O primeiro passo para a aplicação do BIM 360 Glue ao caso de estudo desenvolvido é a criação de um novo projeto. Para tal é necessário aceder à secção de administrador de conta BIM 360 Glue e adicionar um novo projeto, definindo o seu perfil. Simultaneamente é possível adicionar e gerir membros e empresas integrantes do projeto. Na Figura 53 é apresentado o perfil do projeto do caso de estudo criado no BIM 360 Glue.

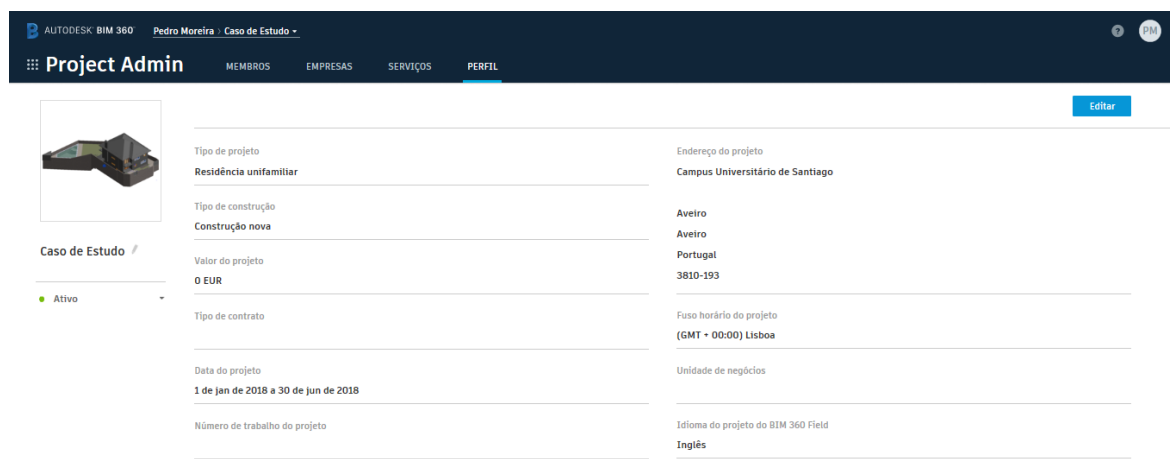


Figura 53 - Perfil do projeto do caso de estudo no BIM 360 Glue.

De seguida são adicionados os modelos Revit das quatro especialidades desenvolvidas (Arquitetura, Estrutural, Abastecimento de Águas e Drenagem de Águas), com recurso ao suplemento do BIM 360 no Revit, salientando que estes devem ser

carregados em vista 3D. Adicionalmente é possível controlar a versão dos modelos existentes, a data em que foram adicionados e o membro do projeto responsável pelo seu carregamento, como demonstrado na Figura 54.

Name	Created Date	Version	Contributor
3D Estrutural.dwf	6/18/2018 2:32 PM	1	Pedro Moreira
3D Drenagem Águas.dwf	6/18/2018 2:26 PM	1	Pedro Moreira
3D Abastecimento Águas.dwf	6/18/2018 2:12 PM	1	Pedro Moreira
3D Arquitetura.dwf	6/18/2018 1:48 PM	1	Pedro Moreira

Figura 54 - Modelos do caso de estudo carregados no BIM 360 Glue.

Para proceder à deteção de possíveis incompatibilidades é necessário aglomerar os modelos das especialidades do projeto. Em *Merged Models* procede-se à criação de um novo modelo agregado, selecionando todos os modelos das quatro especialidades carregadas no BIM 360 Glue.

O processo de deteção e resolução de incompatibilidades é efetuada a partir da ferramenta “*Clashes*”, que permite comparar e analisar dois ou mais modelos aglomerados. Para o caso de estudo foram comparados os modelos das quatro especialidades desenvolvidas (Arquitetura, Estrutural, Abastecimento de Águas e Drenagem de Águas). De seguida são apresentados os elementos com conflitos, agrupando os resultados associados a modelos específicos.

Identificadas e analisadas as incompatibilidades pelos membros do projeto responsáveis pelas verificações, é possível adicionar marcações de interferência e enviar notificações aos membros do projeto responsáveis pelas especialidades em conflito para procederem à sua resolução. Por último, os membros do projeto podem analisar e resolver as incompatibilidades a partir do *software* utilizado para a criação do modelo, no caso de estudo, o Revit, e, com recurso ao *Clash Pinpoint* do suplemento BIM 360, apresentado na

Figura 52. Com este suplemento, os membros do projeto acedem a partir do Revit às incompatibilidades enviadas em notificação pelo BIM 360 Glue, procedendo à sua resolução e posteriormente ao carregamento da nova versão, devidamente corrigida, no BIM 360 Glue.

Devido à impossibilidade imposta pela licença de utilização do BIM 360 Glue para a aglomeração dos modelos das diferentes especialidades, não foi possível realizar a deteção de incompatibilidades do caso de estudo através deste produto BIM 360.

Na Figura 55 apresenta-se a interface da deteção de incompatibilidades desenvolvida a partir do BIM 360 Glue.



Figura 55 - Interface de deteção de incompatibilidades no BIM 360 Glue, adaptado de Autodesk Education (2014).

6.6.BIM 360 Layout

Tal como descrito em 6.1, o BIM 360 Layout trata-se de um complemento do produto BIM 360 Glue para dispositivos móveis, nomeadamente iPad. Permite conectar modelos coordenados ao processo de layout da construção, melhorando a precisão do processo construtivo, através de revisões de construtibilidade, em obra e em escritório, da identificação de problemas na fase de pré-construção e permite melhorar a colaboração entre o VDC (projeto e construção virtual) e o BIM, acelerando a deteção de incompatibilidades (Autodesk BIM 360 Layout, 2018).

Com esta plataforma o *layout* é mais preciso e eficiente, através dos modelos coordenados do BIM 360 Glue, assegurando que os utilizadores em obra possuem sempre o modelo mais recente e atualizado, o que permite acelerar o processo de execução, reduzir possíveis erros e melhorar a qualidade geral do projeto. Os detalhes de coordenadas dos pontos do projeto podem ser automaticamente preparados e facultados aos dispositivos presentes em obra, onde é possível verificar pontos ou elementos instalados, tal como adicionar notas ou problemas diretamente no modelo e informar automaticamente todos os membros do projeto (Autodesk BIM 360 Layout, 2018).

O BIM 360 Layout garante os fluxos necessários de trabalho entre escritório e obra, a partir do carregamento de modelos com pontos de *layout*, da sincronização de modelos com o BIM 360 Glue e da comunicação de problemas detetados em obra diretamente para a equipa de projeto (Autodesk BIM 360 Layout, 2018).

A navegação nos modelos dos projetos a partir do BIM 360 Layout efetua-se em tempo real, baseada em modelos 2D e 3D, possibilitando efetuar zoom sobre todos os elementos para melhorar a sua perceção.

Atualmente o aplicativo BIM 360 Layout é compatível com os seguintes *hardware* de posicionamento (Autodesk BIM 360 Glue, 2018a):

- Topcon LN-100 3D Layout Navigator;
- Topcon DS-2001
- Leica iCON robor 50/60.

Quando em conjunto com um dispositivo *Bluetooth Bridging*, é compatível com os seguintes *hardware* de posicionamento (Autodesk BIM 360 Glue, 2018a):

- Topcon LN-100 3D Layout Navigator;
- Topcon DS-200i/DS-200;
- Topcon PS Series;
- Topcon GS series;
- Topcon Sokkia SX/SRX/iX Series.

6.7.BIM 360 Plan

O BIM 360 Plan é um produto de planeamento de trabalhos de projeto, em *cloud*, que incorpora práticas da metodologia *Lean Construction* com interface altamente visual e de fácil uso, garantindo um planeamento mais transparente e quase em tempo real, e cujo acesso se realiza com recurso a computador e dispositivos móveis (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).

Trabalhar com o BIM 360 Plan reduz o tempo despendido pelas equipas de projeto para articular, acrescentar e partilhar tarefas e transferências de informações. Permite também a criação de atividades e o seu acompanhamento constante, tal como a colaboração em tempo real entre os intervenientes no projeto, evitando informações desatualizadas (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).

As atividades do plano de trabalho são criadas no BIM 360 Plan, permitindo desenvolver sequências de trabalho. Estes podem ser visualizados a partir de listas, diagramas de Gantt e diagramas Swimlane, como apresentado na Figura 56 (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).

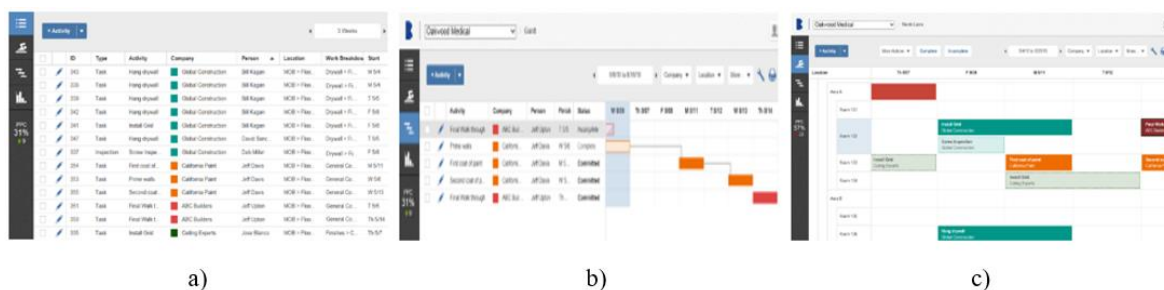


Figura 56 -Visualização de planos de trabalho no BIM 360 Plan (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).
a) Listas; b) Diagrama de Gantt; c) Diagrama Swimlane.

Simultaneamente é possível acompanhar o desempenho do projeto, através do controlo do valor de *Planned Percent Complete* (PPC) do projeto, que corresponde à percentagem de atividades de trabalho concluídas dentro do prazo definido e da identificação das causas de atraso. Assim é possível fornecer aos gestores do projeto a perceção geral do seu desenvolvimento e do cumprimento dos prazos definidos, bem como a capacidade para desenvolver planos de ação para otimizar os processos com base nas revisões efetuadas (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).

A monitorização do desempenho do projeto por parte do BIM 360 Plan efetua-se através de relatórios semanais do PPC, do resumo do desempenho PPC para qualquer semana específica, do volume de atividade desenvolvida durante a semana atual, a que a antecede e as previsões para a seguinte, do valor de PPC durante períodos específicos e por último a identificação das causas mais comuns para as atividades que não cumprem os prazos definidos. Na Figura 57 apresenta-se a interface de um exemplo de monitorização de desempenho do BIM 360 Plan (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).

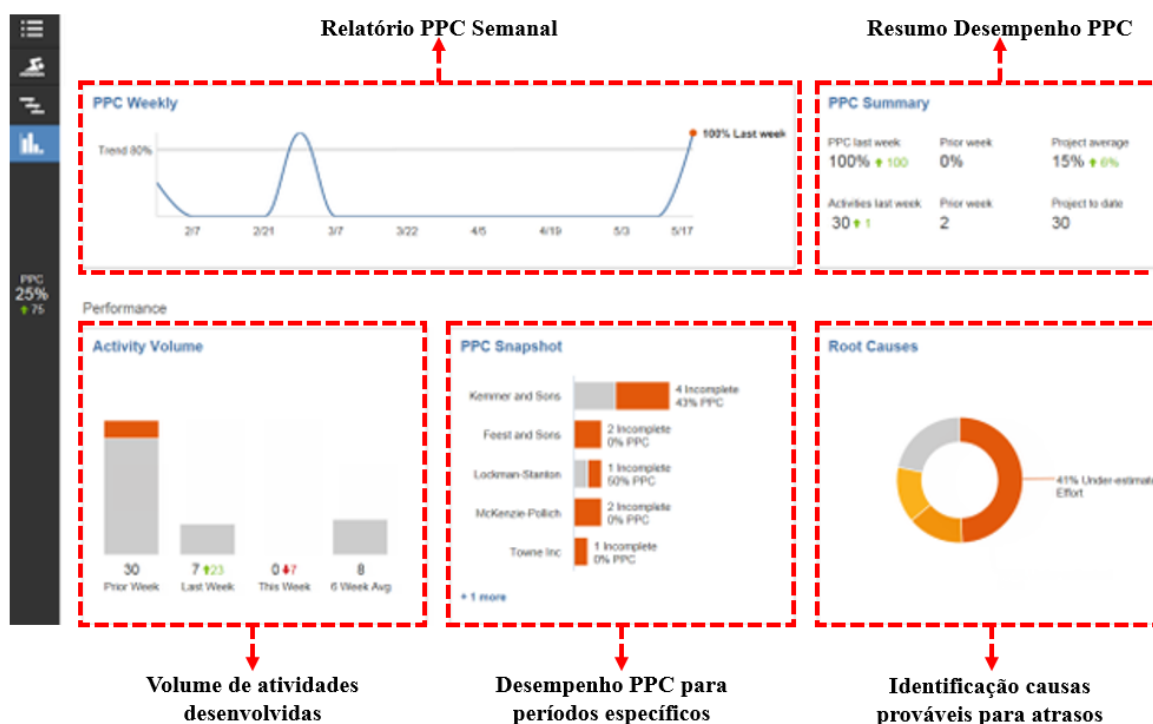


Figura 57 - Monitorização de desempenho do BIM 360 Plan, adaptado de *Autodesk BIM 360 Plan* (2018).

Com recurso a dispositivos móveis, nomeadamente iPad, o aplicativo BIM 360 Plan possibilita acesso ao cronograma do projeto em qualquer lugar, permitindo sincronizar alterações aos planos de trabalho mesmo sem acesso a uma rede de internet. Permite ainda gerir todas as atividades a partir da obra., facilitando o trabalho colaborativo entre as equipas de projeto e as equipas de construção (Autodesk BIM 360 Plan, 2018).

6.8. BIM 360 Ops

O BIM 360 Ops é um *software* de gestão de ativos e manutenção que permite às equipas de projeto, equipas de construção e donos de empreendimentos entender o valor do BIM nas operações de construção. No processo construtivo os dados dos ativos BIM criados durante o projeto são conectados com as operações de construção. Aos donos de empreendimentos é fornecida a possibilidade de uma solução móvel que contém todas as informações necessárias à manutenção das instalações desde a fase de sua utilização (Autodesk BIM 360 Ops, 2018a).

Com o BIM 360 Ops todas as equipas envolvidas em todo o ciclo de vida do projeto têm a capacidade de aceder e atualizar, em qualquer lugar, as informações dos ativos do projeto, através de dispositivos móveis com recurso ao aplicativo BIM 360 Ops (Autodesk BIM 360 Ops, 2018b).

Inicialmente é possível importar todos os ativos dos modelos dos projetos e todas as informações a eles associadas diretamente do Revit, com o nível de detalhe que a equipa de projeto define para cada ativo.

Através do *software* BIM 360 Ops gera-se um código para importar ativos a partir do Revit. De seguida, no modelo Revit do projeto, aplica-se o código previamente gerado no suplemento BIM 360 Ops para submeter todos os ativos do projeto, carregando automaticamente todos os ativos do modelo Revit para a página do projeto no BIM 360 Ops, como se mostra na Figura 58.

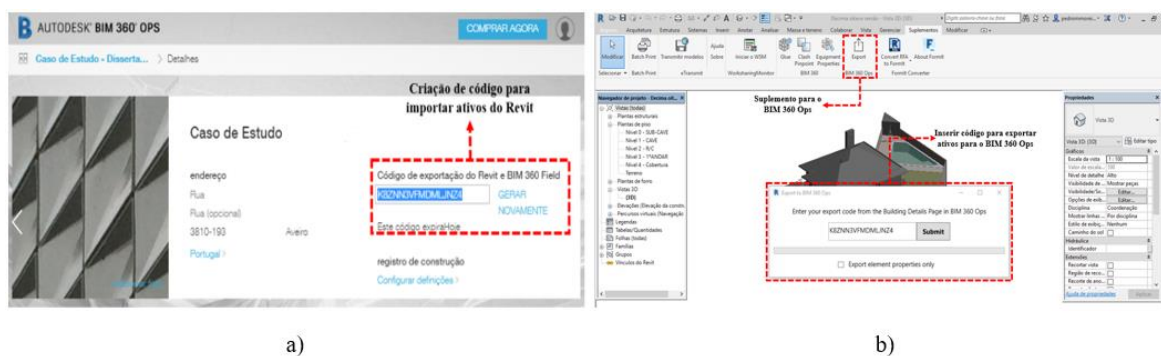


Figura 58 - Importação de ativos do modelo Revit para o BIM 360 Ops. a) Criação do código de importação; b) Exportação de ativos para o BIM 360 Ops.

Com a importação de todos os ativos do projeto para o BIM 360 Ops, as equipas de projeto, equipas de construção e os donos do empreendimento podem aceder a todas as informações de cada ativo, bem como adicionar novos dados, como fotos, vídeos ou documentos, como apresentado na Figura 59.

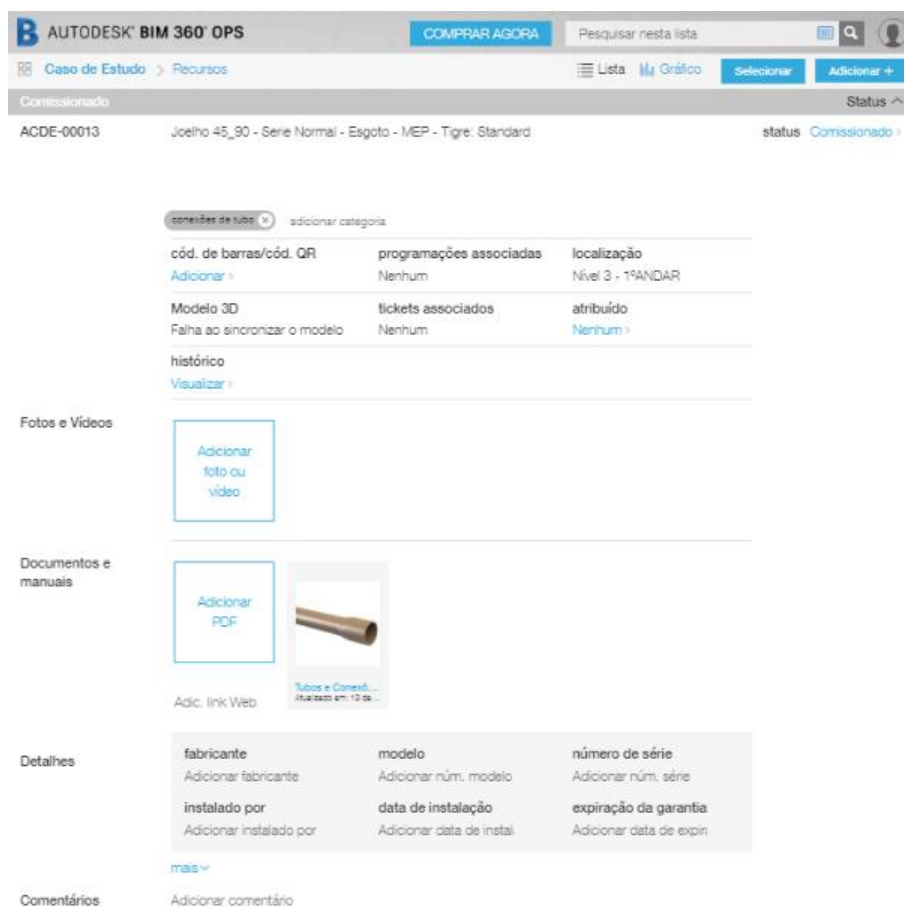


Figura 59 - Informações de um ativo do caso de estudo no BIM 360 Ops.

O BIM 360 OPS permite adicionar *tickets*, que correspondem a avisos sobre um ou mais ativos do projeto ou da construção, quando já em fase de operação, definindo a localização, a prioridade e data para a resolução, com a possibilidade de adicionar fotos, vídeos ou documentos referentes ao aviso em causa e ainda comentários relevantes para a perceção do *ticket*.

Adicionalmente é possível programar tarefas a executar para a manutenção de ativos, indicando a prioridade e a periodicidade com que se executam, tal como os recursos e localizações associadas. É igualmente possível criar listas de verificação de ativos a serem executadas na fase de manutenção e operação das construções, bem como filtrar localizações de informações e adicionar plantas relevantes para o projeto.

Outra funcionalidade é a criação de contactos no BIM 360 Ops, com os quais são partilhadas as informações de ativos de cada projeto, definindo a função que desempenha, entre técnico, fornecedor, gerente, coproprietário e proprietário. A cada contacto é possível associar *tickets* e tarefas programadas.

Na Figura 60 apresenta-se a interface do projeto BIM 360 Ops do caso de estudo desenvolvido no presente documento.



Figura 60 - Interface do projeto no BIM 360 Ops.

Cada utilizador pode ainda aceder à visão geral de todos os projetos e construções em que está inserido, através do Portefólio do BIM 360 Ops, onde são indicados todos os *tickets* existentes e o seu estado, bem como todos os ativos, contactos, tarefas programadas e listas de verificação. É também no Portefólio que cada utilizador pode adicionar novos projetos e construções sobre os quais quer efetuar gestão de ativos e manutenção. Na Figura 61 apresenta-se a visão geral do Portefólio do BIM 360 Ops.

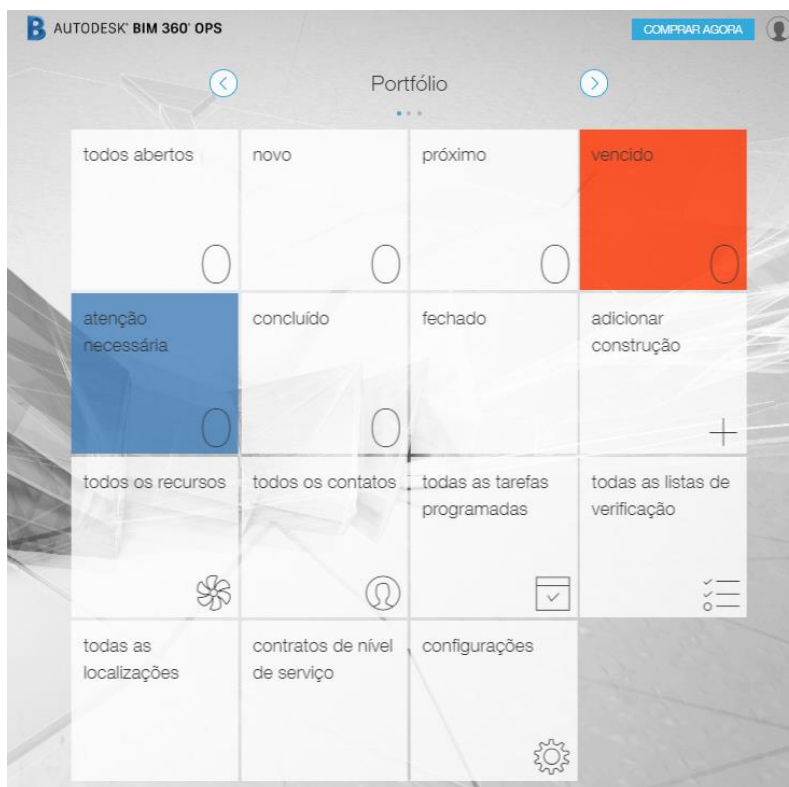


Figura 61 -Interface do Portefólio do BIM 360 Ops.

Na fase de manutenção e operação, o BIM 360 Ops possibilita a realização de manutenção reativa, preventiva e preditiva.

Para a manutenção reativa, o aplicativo BIM 360 Ops em dispositivos móveis notifica as equipas de manutenção da existência de ativos com problemas identificados, através de avisos, fornecendo todas as informações detalhadas dos ativos, incluindo modelos 3D e PDF's, para além da possibilidade da criação de *tickets* quando detetadas anomalias.

Na manutenção preventiva, o BIM 360 Ops permite programar inspeções de ativos, incluir listas de verificações em dispositivos móveis para realizar procedimentos de análise

baseados em padrões regulamentares, atribuir a responsabilidade de manutenção de ativos a fornecedores ou técnicos específicos e permite ainda monitorizar as intervenções.

Com recurso ao *Panoramic Power*, que se trata de um *hardware* que transmite informações em tempo real dos ativos que usam energia para uma plataforma de análise baseada em *cloud*, o BIM 360 Ops permite detetar anomalias em ativos, antes que estas provoquem o fim do seu funcionamento, emitindo alertas de forma automática, garantindo que todos os utilizadores responsáveis pela manutenção dos ativos são devida e atempadamente notificados das anomalias existentes. Na Figura 62 apresenta-se um *hardware Panoramic Power*.



Figura 62 - Modelo PAN-12-3 de *Panoramic Power* (ADC-TEC, 2018).

A utilização do aplicativo BIM 360 Ops permite às equipas de manutenção e aos fornecedores acederem a todas as informações dos ativos dos edifícios em qualquer lugar. Aos proprietários dos edifícios permite o acompanhamento de todo o processo de gestão de ativos. Em ambos os casos o acesso pode ser efetuado em qualquer lugar, melhorando a capacidade de análise e intervenção.

Com o aplicativo, os utilizadores podem consultar o seu Portefólio pessoal, ondem acedem a todos os edifícios em que estão envolvidos, bem como a todos os ativos, contactos e tickets criados e o seu respetivo estado, como se vê na Figura 63.

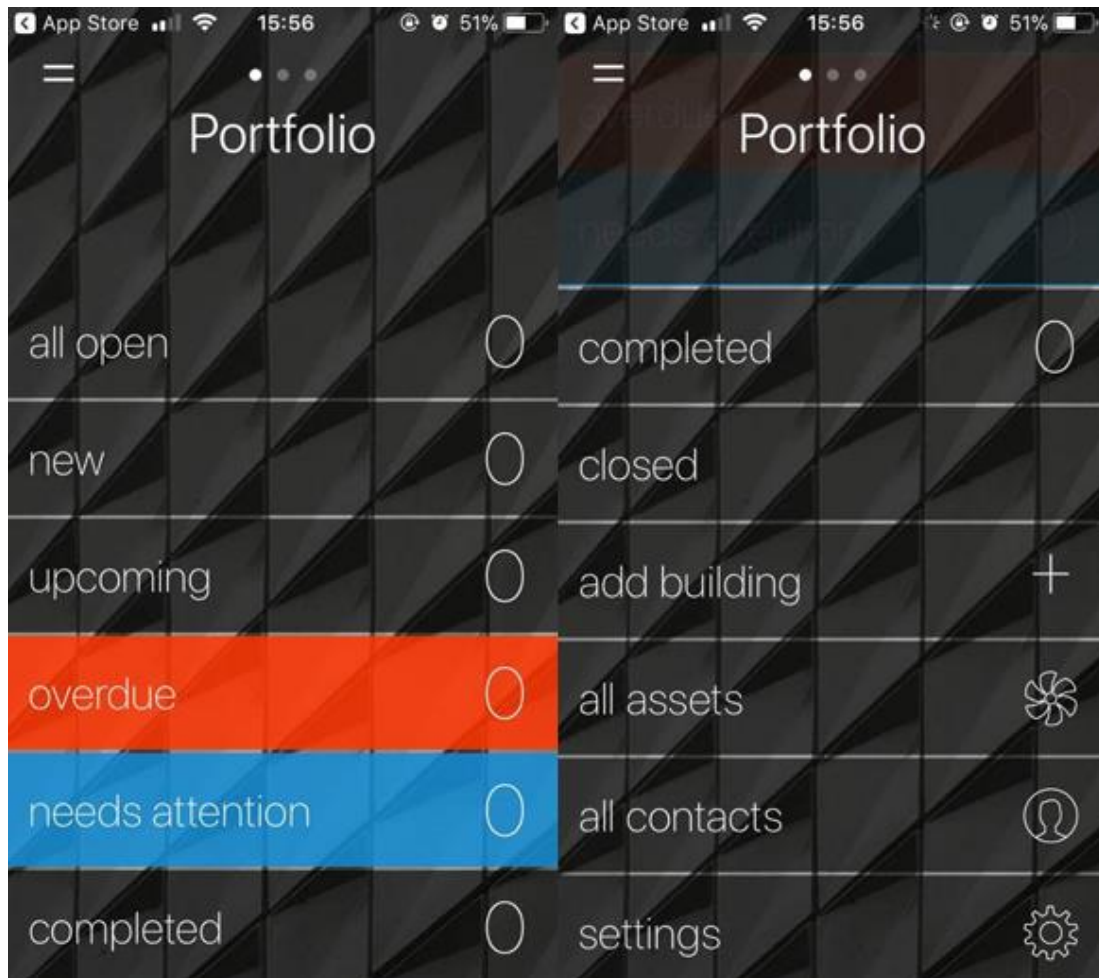


Figura 63 - Interface do portefólio do aplicativo BIM 360 Ops.

Em cada projeto/edifício, o aplicativo BIM 360 Ops permite consultar e editar os ativos, os membros e as informações do edifício, para além de adicionar tickets e novos ativos ou membros e partilhar com os restantes utilizadores envolvidos na gestão de ativos, como indicado na Figura 64.

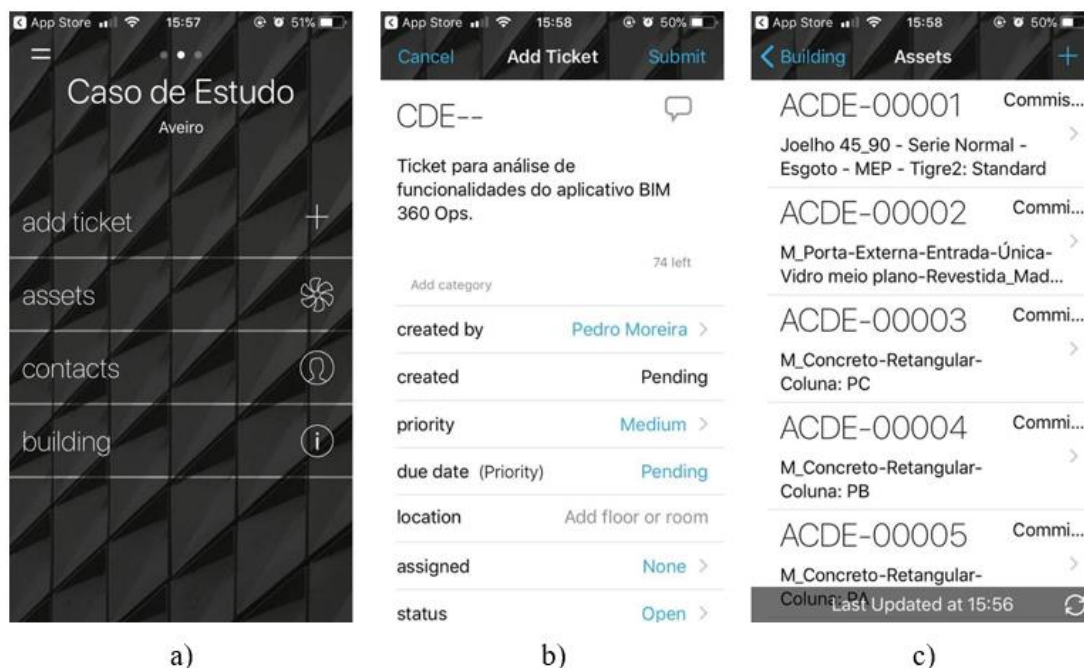


Figura 64 - Funcionalidades do aplicativo BIM 360 Ops. a) Interface geral; b) Criação de tickets; c) Acesso aos ativos.

A portabilidade conferida pelo aplicativo BIM 360 Ops possibilita aos seus utilizadores capturar fotos e vídeos do estado corrente dos ativos e partilha-los com os restantes utilizadores, bem como aceder às listas de verificação e efetuar inspeções sobre os ativos no local.

Capítulo 7

Considerações Finais

7. Considerações Finais

7.1. Conclusões Gerais

A aplicação da metodologia BIM na indústria AECO assume-se atualmente como preponderante para a mudança do paradigma da otimização de custos e tempo despendido na elaboração de projetos. A transversalidade das ferramentas desta metodologia permite cada vez mais gerir todos os processos inerentes ao ciclo de vida dos projetos de edifícios.

Nesta dissertação foram analisadas as funcionalidades da criação de um BIM *Execution Plan* e da utilização da plataforma BIM 360, bem como dos seus produtos para a gestão de projetos de edifícios, através da sua aplicação ao caso de estudo desenvolvido.

O desenvolvimento do BIM *Execution Plan*, sustentado nos BEP's internacionais em vigor, permite definir num documento orientador o plano geral da criação e desenvolvimento de um projeto de edifícios, detalhando todo o processo de gestão do projeto e fornecendo às entidades envolvidas no projeto todos os dados necessários para a sua realização.

A inclusão das informações do projeto, como a sua descrição, a identificação dos membros envolvidos e as suas responsabilidades, da estrutura do modelo, das verificações para o controlo de qualidade do projeto, da metodologia de entrega do projeto, para além da definição dos requisitos tecnológicos necessários, dos procedimentos de colaboração entre equipas e especialidades do projeto, permitiu estabelecer, na fase equivalente à inicial do projeto, os requisitos necessários para a sua execução, aumentando a sua organização e permitindo que todos os membros possam aceder a toda essa informação de forma simples e coerente.

A definição dos objetivos para o caso de estudo e dos usos BIM aplicados para os atingir permitiu definir o valor potencial BIM para o projeto de acordo com a finalidade requerida, e adicionalmente elaborar mapas de processo BIM, que descrevem os fluxos das atividades a realizar ao longo do processo BIM para obter o projeto final, aumentando a transparência, organização e sistematização dos processos BIM para todos os membros do projeto, proporcionando a sua tomada de decisões de forma sustentada e informada.

A aplicação dos produtos BIM 360 à gestão do caso de estudo desenvolvido mostrou-se abrangente a todo o ciclo de vida dos projetos, assumindo-se como uma ferramenta que conecta todos os intervenientes no projeto, bem como todas as informações e fluxos de trabalho, através de repositórios únicos em *cloud*, com a grande vantagem de flexibilidade

de acesso por parte dos membros do projeto a todas as informações necessárias, tanto em escritório como em obra, com a utilização de dispositivos móveis.

Da análise das funcionalidades de cada produto BIM 360 conclui-se o seguinte:

- Com o BIM 360 Docs os intervenientes podem gerir e partilhar todos os documentos do projeto entre os seus membros, para além de aceder a plantas 2D e modelos 3D e a todas as informações relevantes que estes possuem;
- Com o BIM 360 Design a elaboração do projeto efetua-se de modo colaborativo entre as diversas equipas, que trabalham sobre o mesmo modelo em simultâneo;
- Com o BIM 360 Build a gestão do projeto efetuada em obra é melhorada através da colaboração das equipas no controlo de problemas, da criação e acompanhamento de inspeções em obra, garantindo a conformidade do processo construtivo com os elementos projetados;
- Com o BIM 360 Glue as equipas de projeto podem detetar incompatibilidades no projeto através da aglomeração de modelos de diferentes especialidades, garantindo a redução de erros e omissões no projeto;
- Com o BIM 360 Layout os detalhes da localização de pontos do projeto são devidamente assegurados, para além de sincronizar modelos com o BIM 360 Glue para a identificação de incompatibilidades;
- Com o BIM 360 Plan é possível efetuar o planeamento e controlo das atividades do projeto, através do acompanhamento constante do seu desenvolvimento, recorrendo a diferentes análises do valor de *Planned Percent Complete* (PPC);
- Com o BIM 360 Ops é garantida a gestão da fase de operação e manutenção dos projetos, através da gestão dos ativos de cada edifício, contribuindo ainda para a realização de manutenções reativas, preventivas ou preditivas.

Analisadas todas as funcionalidades da realização de um BEP e da utilização dos produtos BIM 360 aplicados a um caso de estudo conclui-se que os mesmos se assumem como ferramentas fundamentais para a gestão de projetos de edifícios, aumentando a organização e a coerência das informações dos projetos, melhorando o trabalho colaborativo entre os membros do projeto, reduzindo a ocorrência de erros e omissões na elaboração dos projetos e consequentemente os custos associados, bem como para melhorar a qualidade dos projetos e dos edifícios.

7.2. Desenvolvimentos Futuros

Tratando-se esta dissertação de um estudo académico, muitos foram os aspetos relevantes que não foram profundamente analisados no que diz respeito às potencialidades das ferramentas BIM exploradas para a gestão de projetos de edifícios.

Tendo em conta o trabalho desenvolvido e as funcionalidades das ferramentas analisadas será relevante para a compreensão transversal das suas funcionalidades desenvolver futuramente os seguintes trabalhos:

- Desenvolver o modelo virtual do projeto através da plataforma colaborativa do BIM 360 Design e assim estudar todas as suas funcionalidades para a criação de projetos;
- Elaborar trabalhos na vertente da previsão de custos, não tendo sido esta área abordada de todo ao longo desta dissertação, permitindo analisar as ferramentas tecnológicas BIM na quarta dimensão BIM;
- Utilizar o BIM 360 Layout ao longo de processos construtivos para análise das suas capacidades de instalação em obra de modelos coordenados dos projetos de modo a garantir a correta instalação de todos os elementos projetados;
- Realizar o planeamento geral do projeto e do seu processo construtivo através do BIM 360 Plan de modo a criar fluxos de trabalho para a execução do projeto e assim controlar todo o seu desenvolvimento;
- Utilizar o BIM 360 Ops para edifícios já em funcionamento e para os seus ativos já em operação para explorar todas as suas capacidades na gestão de ativos na fase de manutenção e operação.

A constante evolução da metodologia BIM obriga ainda a que todos os seus utilizadores e equipas de projeto mantenham um permanente desenvolvimento das suas capacidades e estejam abertos à utilização de novas ferramentas BIM que auxiliem na gestão de projetos de edifícios.

Capítulo 8

Referências Bibliográficas

8. Referências Bibliográficas

ADC-TEC (2018) *Panoramic Power Energiemanagement - ADC-TEC Group*. Available at: <https://www.adc-tec-group.com/produkte/industrial-iot/7-panoramic-power> (Accessed: 11 June 2018).

AEC-UK (2012) 'AEC (UK) BIM Protocol Project BIM Execution Plan'.

AIA (2017) *BIM, Standards, and Interoperability*. Available at: <https://network.aia.org/technologyinarchitecturalpractice/home/bimstandards> (Accessed: 2 November 2017).

Antunes, B. (2015) *BIM Execution Plan Proposal Synergies with PMBOK Civil Engineering*. Instituto Superior Técnico.

Autodesk (2018) *Revit / Software BIM / Autodesk*. Available at: <https://www.autodesk.pt/products/revit/overview> (Accessed: 15 March 2018).

Autodesk BIM 360 (2018a) *BIM 360 Help*. Available at: <http://help.autodesk.com/view/BIM360D/ENU/> (Accessed: 18 May 2018).

Autodesk BIM 360 (2018b) *Construction Management Software / Autodesk BIM 360*. Available at: <https://bim360.autodesk.com/> (Accessed: 9 May 2018).

Autodesk BIM 360 Build (2018) *Construction Software for Quality Control and Daily Reports / BIM 360 Build*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/bim-360-build> (Accessed: 19 May 2018).

Autodesk BIM 360 Design (2018) *Design Collaboration Software / BIM 360 Design*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/bim-360-design> (Accessed: 29 April 2018).

Autodesk BIM 360 Docs (2018) *Design & Construction Document Management Software / BIM 360 Docs*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/bim-360-docs> (Accessed: 12 May 2018).

Autodesk BIM 360 Field (2018) *Construction field management software*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/field-construction-management->

software?hsCtaTracking=b60da790-e5b8-4aea-89d2-22d6f73924e1%7C3a24aed2-2bad-4480-83ae-7b3980a3136e (Accessed: 20 May 2018).

Autodesk BIM 360 Glue (2018a) *About Autodesk BIM 360 Layout / BIM 360 Glue / Autodesk Knowledge Network*. Available at: <https://knowledge.autodesk.com/support/bim-360-glue/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/ENU/BIM-360/files/GUID-C5C405EF-2A5B-4CD4-8D83-E6E1D529B3DC-htm.html> (Accessed: 28 May 2018).

Autodesk BIM 360 Glue (2018b) *Autodesk BIM 360 Glue Help*. Available at: <http://help.autodesk.com/view/BIM360/ENU/> (Accessed: 28 May 2018).

Autodesk BIM 360 Glue (2018c) *Virtual Design and Construction & BIM Collaboration Software / BIM 360 Glue*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/bim-360-glue> (Accessed: 27 May 2018).

Autodesk BIM 360 Layout (2018) *Construction Layout and Verification / BIM 360 Layout*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/bim-360-layout> (Accessed: 16 May 2018).

Autodesk BIM 360 Ops (2018a) *BIM 360 Ops / Facilities Asset Management Software / Autodesk*. Available at: <https://www.autodesk.com/products/bim-360-ops/overview> (Accessed: 4 June 2018).

Autodesk BIM 360 Ops (2018b) *Building Maintenance Management / Autodesk BIM 360 Ops*. Available at: <https://bim360ops.autodesk.com/product> (Accessed: 2 June 2018).

Autodesk BIM 360 Plan (2018) *Lean Construction Software / BIM 360 Plan*. Available at: <https://info.bim360.autodesk.com/bim-360-plan> (Accessed: 19 May 2018).

Autodesk Education (2014) *07: BIM 360 Glue - Clash Detection Part I - Running a Clash Detection*. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=cUTUiHbAP24> (Accessed: 29 May 2018).

Autodesk Knowledge Network (2017) *Requisitos do sistema para produtos Autodesk Revit 2018 / Produtos Revit / Autodesk Knowledge Network*. Available at: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2018->

products.html (Accessed: 20 April 2018).

Autodesk Knowledge Network (2018) *System requirements for Autodesk Navisworks 2018 products*. Available at: <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Navisworks-2018-products.html> (Accessed: 21 April 2018).

Autodesk Navisworks (2018) *Navisworks / Project Review Software / Autodesk*. Available at: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview> (Accessed: 23 April 2018).

Azhar, S., Hein, M. and Sketo, B. (2007) 'Building Information Modeling (BIM): Benefits , Risks and Challenges', *BIM-benefit*, 18(9), p. 11. doi: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.

Barlish, K. and Sullivan, K. (2012) 'How to measure the benefits of BIM — A case study approach', *Automation in Construction*, 24, pp. 149–159. doi: 10.1016/j.autcon.2012.02.008.

Barnes, P. and Davies, N. (2014) *BIM in Principle and in Practice*. 2nd edn. England: ICE Publishing.

BCA (2013) 'BIM Essential Guide For BIM Execution Plan'. Singapore: Building and Construction Authority. Available at: www.bca.gov.sg.

BIMForum (2017) 'DEVELOPMENT SPECIFICATION LOD Spec 2017 Guide'. Available at: <http://bimforum.org/lof/>.

BIMObject (2018) *BIMObject*. Available at: <https://bimobject.com/pt> (Accessed: 22 February 2018).

Bomfim, C. A. A., Lisboa, B. T. W. and Matos, P. C. C. (2016) 'Gestão de Obras com BIM— Uma nova era para o setor da Construção Civil', in. Buenos Aires, Argentina, pp. 556–560. Available at: <http://pdf.blucher.com.br/designproceedings/sigradi2016/724.pdf>.

BPMN (2011) *Business Process Model and Notation (BPMN)*. 2.0. Available at: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>.

Bryde, D., Broquetas, M. and Volm, J. M. (2013) ‘The project benefits of building information modelling (BIM)’, *International Journal of Project Management*. Elsevier Ltd and APM IPMA, 31(7), pp. 971–980. doi: 10.1016/j.ijproman.2012.12.001.

BSI (2013) ‘PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling’. London: British Standard Institution.

BuildingSMART, I. L. (2017) *buildingSmart*. Available at: <http://www.buildingsmart-tech.org/> (Accessed: 26 October 2017).

Caires, B. (2013) *BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect BIM execution plan, education and promotional initiatives*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Universidade do Minho.

Campos, R. C. (2014) *Aplicação da Metodologia ProNIC a Obras Ferroviárias- Princípios Gerais e Via-férrea*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cao, D. *et al.* (2017) ‘Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects: An empirical study in China’, *International Journal of Project Management*. Elsevier Ltd and Association for Project Management and the International Project Management Association, 35(4), pp. 658–669. doi: 10.1016/j.ijproman.2016.02.002.

Charette, R. P. and Marshall, H. E. (1999) ‘UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating, and Cost Analysis’, *U.S. Department of Commerce*, p. 103. Available at: <http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/build99/art080.html>.

Chartered Institute of Building (2014) *Code of Practice for Project Management for Construction and Development*. 5th edn. John Wiley and Sons.

Checcucci, É. de S., Pereira, A. P. C. and Amorim, A. L. de (2011) ‘Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM) Collaboration and Interoperability in the Context of Building Information Modeling’,

Sigradi, pp. 482–485.

Chen, L. and Luo, H. (2014) ‘A BIM-based construction quality management model and its applications’, *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 46, pp. 64–73. doi: 10.1016/j.autcon.2014.05.009.

Cheng, H., Yang, W. and Yen, Y. (2015) ‘BIM applied in historical building documentation and refurbishing’, *25th International CIPA Symposium*, XL(September), pp. 85–90. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-85-2015.

Cheng, J. C. P., Lu, Q. and Deng, Y. (2016) ‘Automation in Construction Analytical review and evaluation of civil information modeling’, *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 67, pp. 31–47. doi: 10.1016/j.autcon.2016.02.006.

Chowdhury, G. K. (2015) ‘Building Information Modeling in Site Management’.

CIC (2011) ‘BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.1’, *buildingSMART alliance*, pp. 1–135. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

CIC, C. I. C. (2010) *PENN State PXP Guide*, *Journal of Chemical Information and Modeling*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Convergence (2018) *BIM 360 Design is now LIVE — next generation design collaboration from Autodesk*. Available at: <https://projectdelivery.autodesk.com/blog/announcing-bim-360-design/> (Accessed: 23 May 2018).

Costa, A. A. (2016) ‘Visão Construção 2020 - ONS / IST Digitalização da Indústria da Construção’.

Costa, A. A. *et al.* (2017) ‘Guia de Contratação BIM’. Instituto Superior Técnico.

CSI (2006) *OmniClass - A Strategy for Classifying the Built Environment*. 1.0. Alexandria, Virginia.

CT197 (2016) *Comissão Técnica 197*. Available at: <http://www.ct197.pt/> (Accessed: 7 December 2017).

Delany, S. (2017) *Classification*. Available at: <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification#latestupdates> (Accessed: 26 November 2017).

Dispenza, K. (2010) *Buildipedia*. Available at: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim> (Accessed: 12 November 2017).

Eastman, C. *et al.* (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2nd edn.

FEPICOP (2017) *Previsões da FEPICOP para 2018*.

Fernandes, R. (2013) *Advantages and Disadvantages of BIM Platforms on Construction Site, Department of Civil Engineering*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/73195>.

Ganah, A. A. and Jonh, G. A. (2017) ‘BIM and project planning integration for on-site safety induction’, *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(3), pp. 341–354. doi: 10.1108/02656710210415703.

Van Gassel, F. J. M., Láscaris-Comneno, T. and Maas, G. J. (2014) ‘The conditions for successful automated collaboration in construction’, *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 39, pp. 85–92. doi: 10.1016/j.autcon.2013.12.001.

Hamed, L. (2015) *#BIM*. Available at: <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/> (Accessed: 2 November 2017).

Hammad, D. B., Rishi, A. G. and Yahaya, M. B. (2014) ‘MITIGATING CONSTRUCTION PROJECT RISK USING BUILDING INFORMATION MITIGATING CONSTRUCTION PROJECT RISK USING BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)’, in. College of Education Azare, Bauchi State, Nigeria.

Hattab, M. Al and Hamzeh, F. (2013) ‘Information Flow Comparison Between Traditional and BIM-BASED’, *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

HM Government (2012) 'Industrial strategy: government and industry in partnership'. Londres: Govt Report. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf.

Hunt, C. A. (2013) 'The Benefits of Using Building Information Modeling in Structural Engineering'.

IMAGINiT (2017) *Autodesk BIM 360 Build / IMAGINiT*. Available at: <https://www.imaginit.com/software/autodesk-products/bim-360-build> (Accessed: 20 May 2018).

Isikdag, U. and Underwood, J. (2010) 'Automation in Construction Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration', *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 19(5), pp. 544–553. doi: 10.1016/j.autcon.2009.11.006.

JBKnowledge (2017) *THE 6TH ANNUAL CONSTRUCTION TECHNOLOGY REPORT*.

Kassem, M. and Amorim, S. R. L. de (2015) 'BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia', *Apoio aos Diálogos Setoriais UE-Brasil*, p. 162. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>.

Liebich, T. (2013) 'IFC4 – the new buildingSMART Standard'. buildingSMART. Available at: http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatisNew.pdf.

Lijbers, S. (2015) 'CADAC BIM Congres2015 - Autodesk BIM 360'.

Lino, J. C., Azenha, M. and Lourenço, P. (2012) 'Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas', *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, pp. 24–26.

Logothetis, S., Delinasiou, A. and Stylianidis, E. (2015) 'BUILDING INFORMATION MODELLING FOR CULTURAL HERITAGE: A REVIEW', *25th International CIPA Symposium*, II(September), pp. 177–183. doi: 10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015.

Marciso, M. L. *et al.* (2017) 'Aplicação de bim na compatibilização de projetos de

edificações’, *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 7, pp. 19–41.

Marques, A. (2015) *Implementação de metodologias BIM na Direção de Engenharia de Barragens da EDP: Casos de estudo de projeto de estruturas em obras Hidroelétricas*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Martins, J. P. P. (2009) *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção*, Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

McGraw Hill (2014) *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*.

McPartland, R. (2017) *What is an Information Delivery Manual (IDM)?* Available at: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-an-information-delivery-manual-idm> (Accessed: 25 February 2018).

McPhee, A. (2013) *What is this thing called LOD*. Available at: <http://practicalbim.blogspot.pt/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html> (Accessed: 14 November 2017).

MIT (2016) ‘MIT Design Standards - BIM Execution Plan v6.0’.

Mohandes, S. R. and Marsono, A. K. Bin (2015) *Fastening Technology In Construction For Sustainability Through BIM*. LAP Lambert Academic Publishing.

Munns, A. K. and Bjeirmi, B. F. (1996) ‘The role of project management in achieving project success’, *International Journal of Project Management*, 14(2), pp. 81–87. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00057-7](http://dx.doi.org/10.1016/0263-7863(95)00057-7).

NBS (2016) *What is Building Information Modelling (BIM)?* Available at: www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim (Accessed: 19 January 2018).

Newsroom (2017) *IFC what’s it for? What’s its connection with BIM?* Available at:

<http://biblus.accasoftware.com/en/ifc-whats-it-for-whats-its-connection-with-bim/>
(Accessed: 6 March 2018).

Nunes, H. M. (2016) *Sistemas de Classificação de Informação da Construção Proposta de metodologia orientada para objetos BIM*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Oliveira, J. P. C. (2016) *NORMALIZAÇÃO BIM Especificação do Nível de Desenvolvimento e Modelação por Objetivos*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Oraee, M. *et al.* (2017) ‘Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review’, *International Journal of Project Management*. Elsevier Ltd, APM and IPMA, 35(7), pp. 1288–1301. doi: 10.1016/j.ijproman.2017.07.001.

Pereira, R. (2013) *Sistemas de classificação na construção. Síntese comparada de métodos*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pereira, T. D. (2015) *Gestão de projeto e contratação de empreitadas de obras*. 2nd edn.

PMI (2017) *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*. 6th edn, *Book*. 6th edn. Project Management Institute Inc. doi: 10.5860/CHOICE.34-1636.

Poças, A. R. F. (2015) *Planeamento e controlo de projetos de construção com recurso ao BIM*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Porwal, A. and Hewage, K. N. (2013) ‘Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects’, *Automation in Construction*, 31, pp. 204–214.

Rahman, R. A. *et al.* (2016) ‘Comparing Building Information Modeling Skills of Project Managers and BIM Managers based on Social Media Analysis’, *Procedia Engineering*. Elsevier B.V., 145, pp. 812–819. doi: 10.1016/j.proeng.2016.04.106.

RCP (2011) ‘REGULAMENTO (UE) N. o 305/2011 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 9 de Março de 2011’. Jornal Oficial da União Europeia, pp. 5–43.

Rodas, I. (2015) *Aplicação da Metodologia BIM na Gestão de Edifícios*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rodrigues, J. (2016) *BIM no projeto e construção de estruturas metálicas: estabelecimento de manual de implementação e execução*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Sacks, R. and Barak, R. (2008) ‘Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice’, *Automation in Construction*, 17(4), pp. 439–449. doi: 10.1016/j.autcon.2007.08.003.

Saluja, C. (2009) *A Process Mapping Procedure for Planning Building Information Modeling (BIM) Execution on a Building Construction Project*. Pennsylvania State University.

Silva, C. F. (2015) *Análise de falhas em projetos de construção civil*. Available at: <https://goo.gl/EYhmvi>.

Silva, J. (2013) *Princípios para o Desenvolvimento de Projeto com Recurso a Ferramentas BIM*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto.

Simões, D. G. (2013) *Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM*. Instituto Superior Técnico. Available at: http://www.riba-insight.com/images/monthlyBriefing/13-02/BIM_objects_image_01.gif.

Smith, P. (2014) ‘BIM implementation - Global strategies’, *Procedia Engineering*, 85, pp. 482–492. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.575.

Sousa, S. I. F. (2015) *Aplicação da Metodologia ProNIC a Obras de Infraestruturas Hidráulicas Urbanas*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Succar, B. (2009) 'Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders', *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 18, pp. 357–375. doi: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.

Succar, B. and Kassem, M. (2015) 'Automation in Construction Macro-BIM adoption : Conceptual structures', *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 57, pp. 64–79. doi: 10.1016/j.autcon.2015.04.018.

Travaglini, A., Radujkovic, M. and Mancini, M. (2014) 'Building Information Modelling (BIM) and Project Management : a Stakeholders Perspective', (January). doi: 10.5592/otmcj.2014.2.8.

Trimble (2016) *BIM Solutions / General Contractor Solutions*. Available at: <http://gc.trimble.com/product-categories/bim-solutions> (Accessed: 9 February 2018).

USF (2018) 'BIM Project Execution Plan Template - For Architects, Engineers and Contractors'. University of South Florida.

Venceslau, M. J. (2015) 'BIM - Building Information Modeling: Normalização no Sector da Construção e a Era da Digitalização', *Construção Magazine*, 69, pp. 30–33.

Volk, R., Stengel, J. and Schultmann, F. (2014) 'Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs', *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 38, pp. 109–127. doi: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.

Zaccari, R. (2018) *Revit Template*. Available at: <https://revittemplate.com.br/bim/aula-bim-05-interoperabilidade/> (Accessed: 12 March 2018).

Anexos

Anexo I – Proposta de BIM Execution Plan

Anexo I – Proposta de BIM *Execution Plan*

Secção A – Informações do Projeto

1 – Informações Gerais

Dono do projeto	Universidade de Aveiro
Nome do projeto	Caso de Estudo
Localização do projeto	Indefinido
Tipo de contrato	-
Método de Entrega	Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro

2 – Plano de Custos

Fase	Custo Estimado	Valor Atingível	Intervenientes
Criação do Modelo Virtual Modelo Estrutural	-	-	Engenheiro de Estruturas
Criação do Modelo Virtual Modelo Arquitetura	-	-	Arquiteto
Criação do Modelo Virtual Modelo Abastecimento Águas	-	-	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos
Criação do Modelo Virtual Modelo Drenagem Águas	-	-	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos

3 – Calendarização do Projeto

Fase	Fase Precedente	Data de Início	Previsão de Finalização	Intervenientes
Criação do Modelo Virtual – Modelo Estrutural (1)	-	01/01/2018	31/01/2018	Engenheiro de Estruturas
Criação do Modelo Virtual – Modelo Arquitetura (2)	(1)	01/02/2018	28/02/2018	Arquiteto
Criação do Modelo Virtual – Modelo Abastecimento Águas (3)	(1) e (2)	01/03/2018	20/04/2018	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos
Criação do Modelo Virtual – Modelo Drenagem Águas (4)	(1), (2) e (3)	21/04/2018	08/05/2018	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos

Secção B – Membros do Projeto

Cargo	Nome	Organização	Email	Telemóvel
Arquiteto	-	-	-	-
Engenheiro de Estruturas	-	-	-	-
Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos	-	-	-	-
Gestor BIM	-	-	-	-

Secção C – Objetivos do projeto

Objetivo	Prioridade	Possíveis usos BIM
Aumentar a qualidade do projeto	Alta	Programação Execução do projeto
Melhorar a colaboração entre especialidades	Alta	Planeamento de fases Execução do projeto Coordenação 3D
Redução de erros no projeto	Alta	Revisão do projeto Coordenação 3D Planeamento de fases
Definir o fluxo de trabalho do projeto	Alta	Planeamento de fases

Secção D – Usos BIM

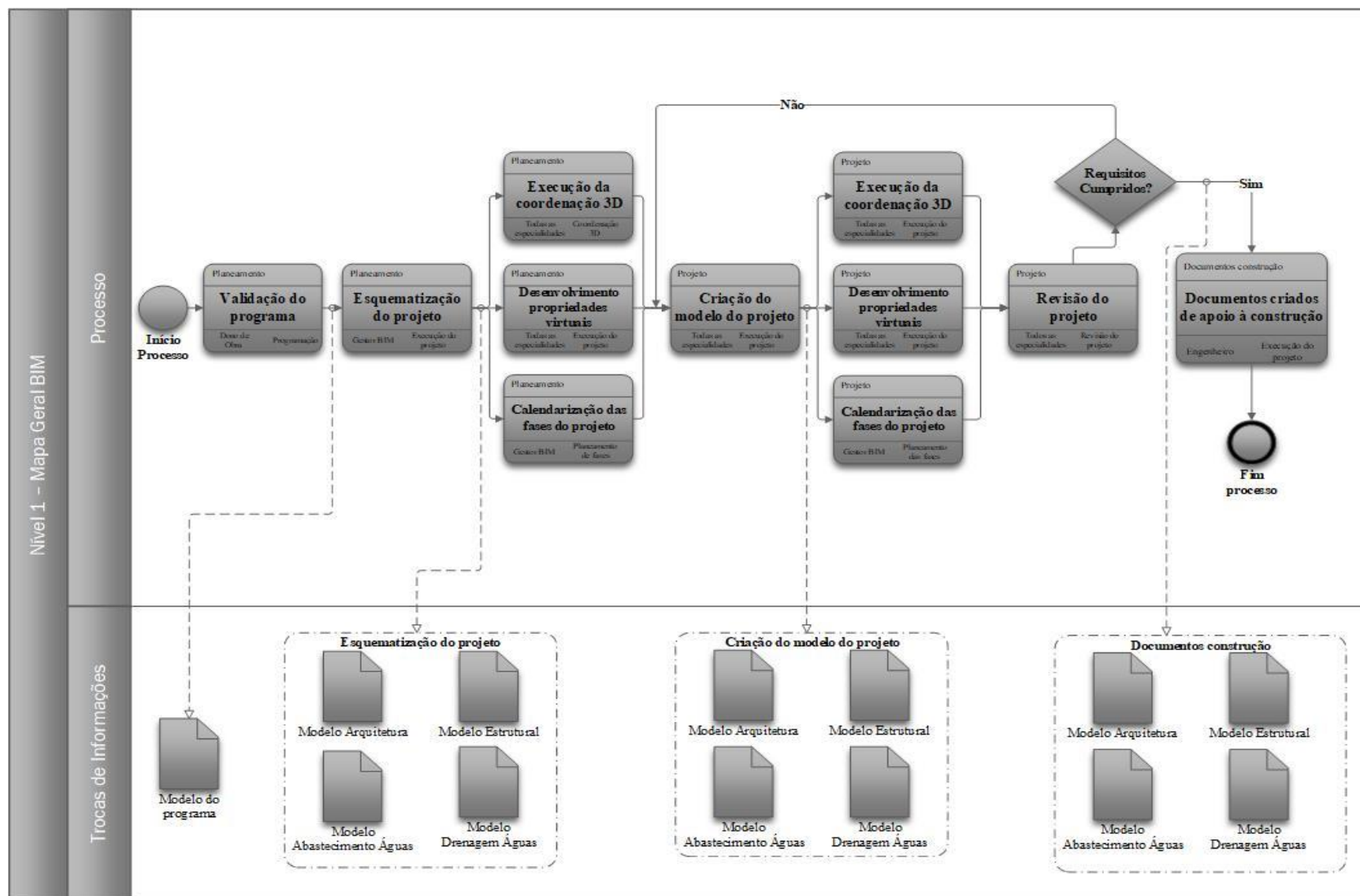
x	Planeamento	x	Projeto	x	Construção	x	Operação
x	Programação	x	Execução do projeto		Planeamento da utilização de espaço		Calendarização de manutenção
x	Análise do espaço	x	Revisão do projeto		Projeto do sistema de construção		Análise de desempenho
		x	Coordenação 3D		Coordenação 3D		Gestão de bens
			Análise estrutural		Criação de dados digitais		Gestão de espaços
			Análise elétrica		Planeamento e controlo 3D		Planeamento de desastres
			Análise energética		Registo de modelação		Registo de modelação
			Análise mecânica				
			Análise de outras especialidades				
			Avaliação da sustentabilidade				
			Validação do código				
	Planeamento das fases	x	Planeamento das fases		Planeamento das fases		
	Previsão de custos		Previsão de custos		Previsão de custos		Previsão de custos
	Condições de modelação existentes	x	Condições de modelação existentes		Condições de modelação existentes		Condições de modelação existentes

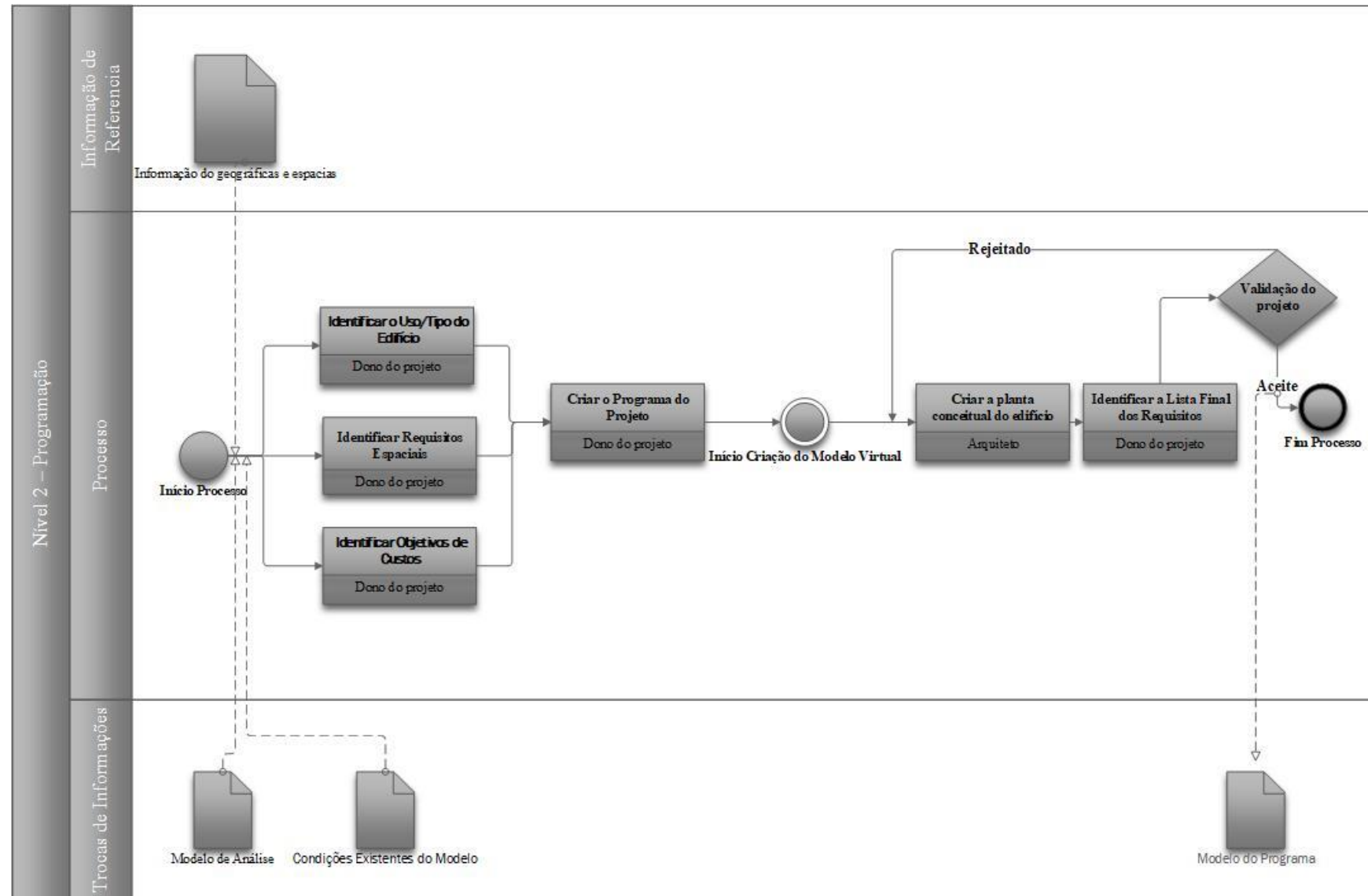
Secção E – Responsabilidades do Projeto

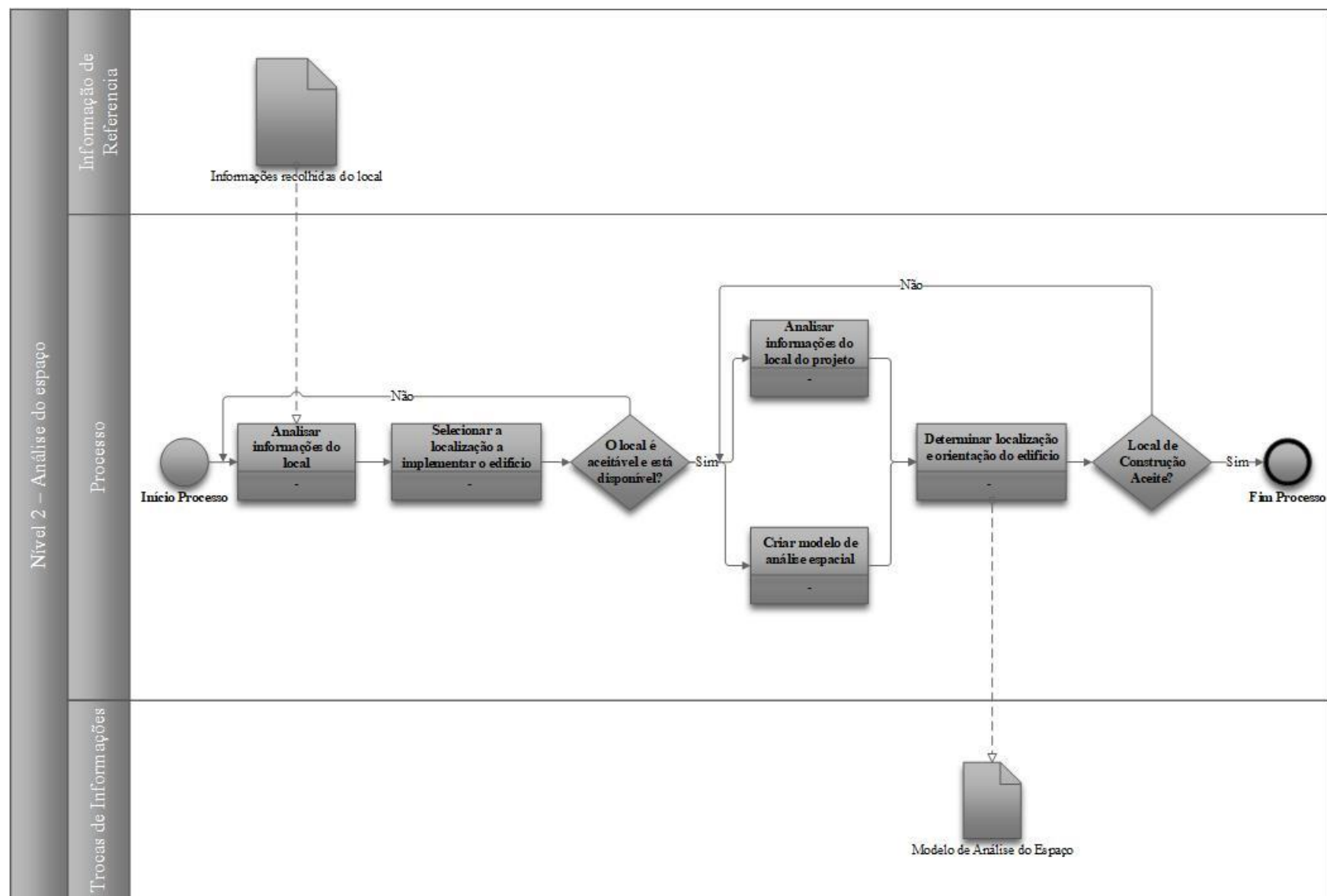
Uso BIM	Organização	Membros envolvidos	Responsável	Contacto do responsável
Programação	Universidade de Aveiro	Arquiteto Engenheiro de Estruturas	Gestor BIM	-
Análise do espaço	Universidade de Aveiro	Arquiteto Engenheiro de Estruturas	Gestor BIM	-
Execução do projeto	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-
Revisão do projeto	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-
Coordenação 3D	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-
Condições de modelação existentes	Universidade de Aveiro	Todos os membros	Gestor BIM	-

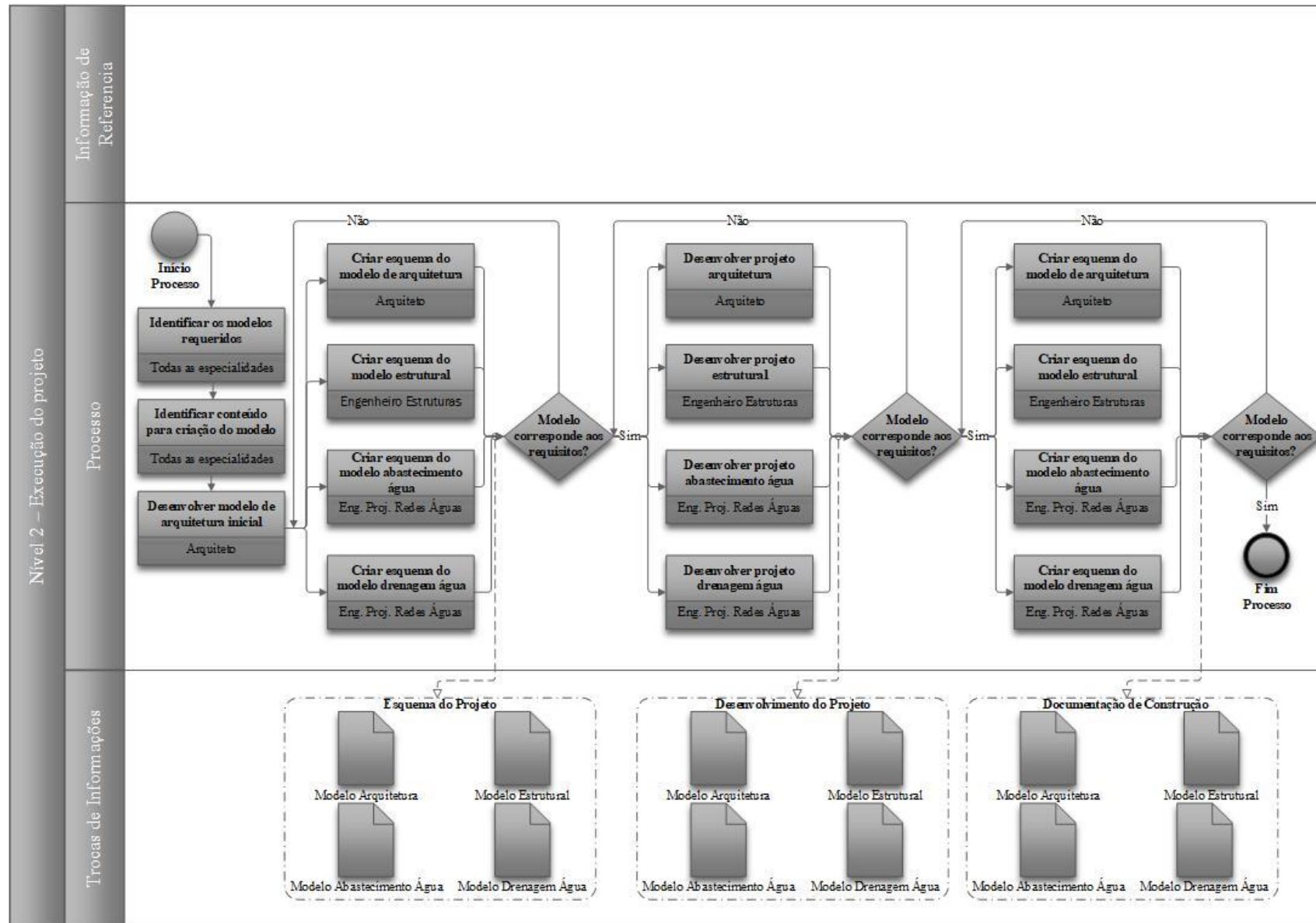
Secção F – BIM Design

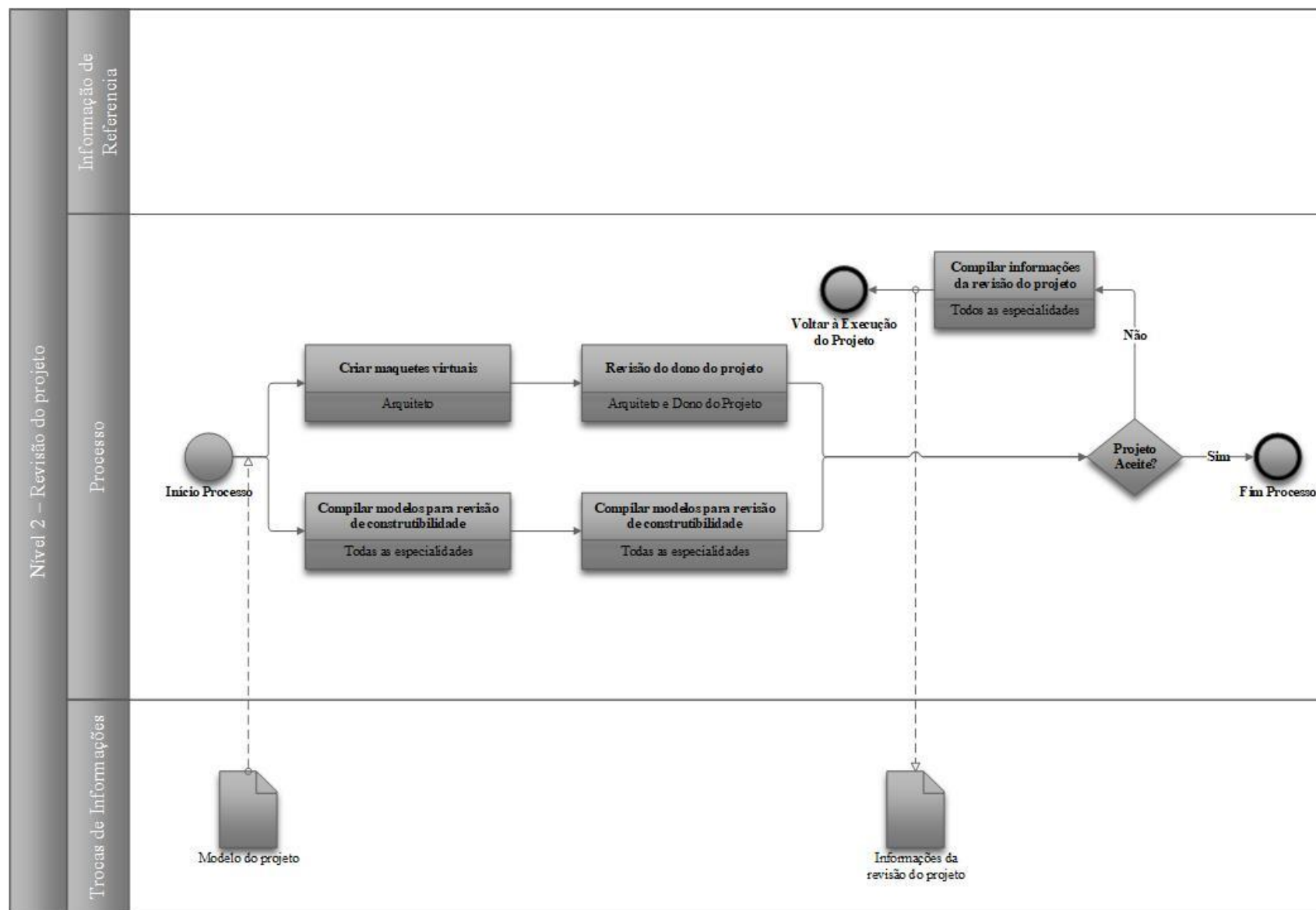
Mapa Geral BIM (Nível 1) e Mapas detalhados de processos de uso BIM (Nível 2).

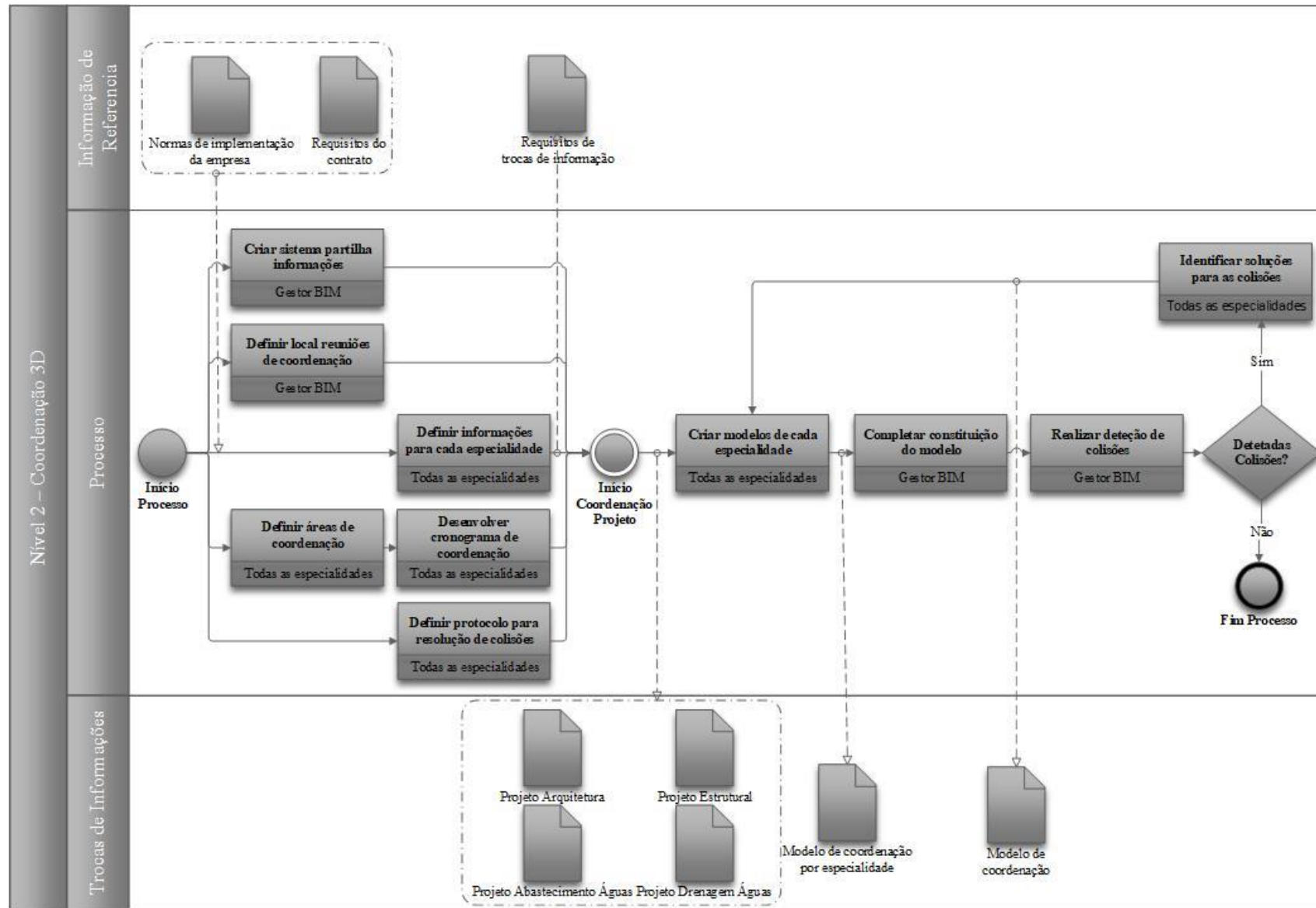


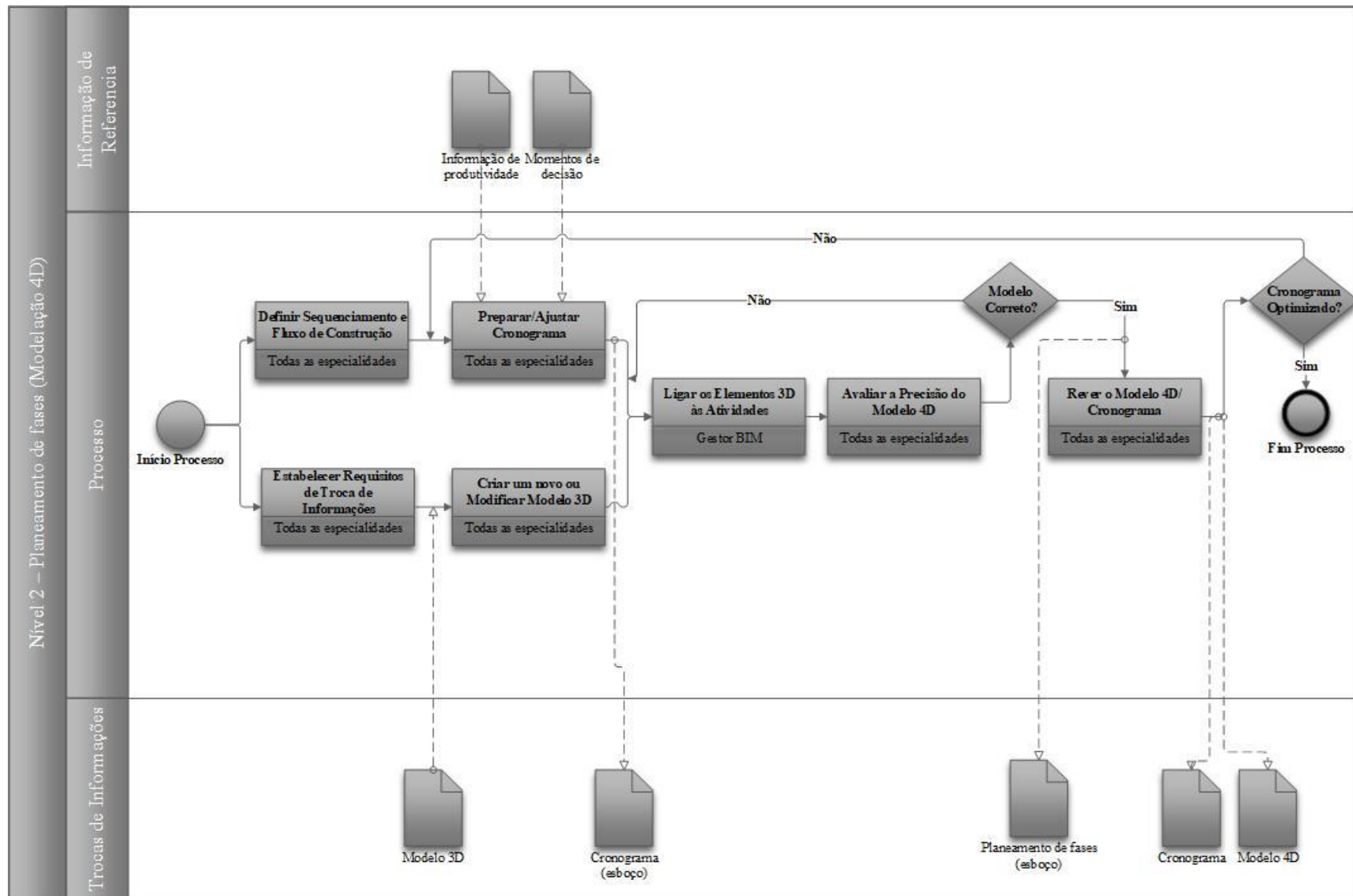


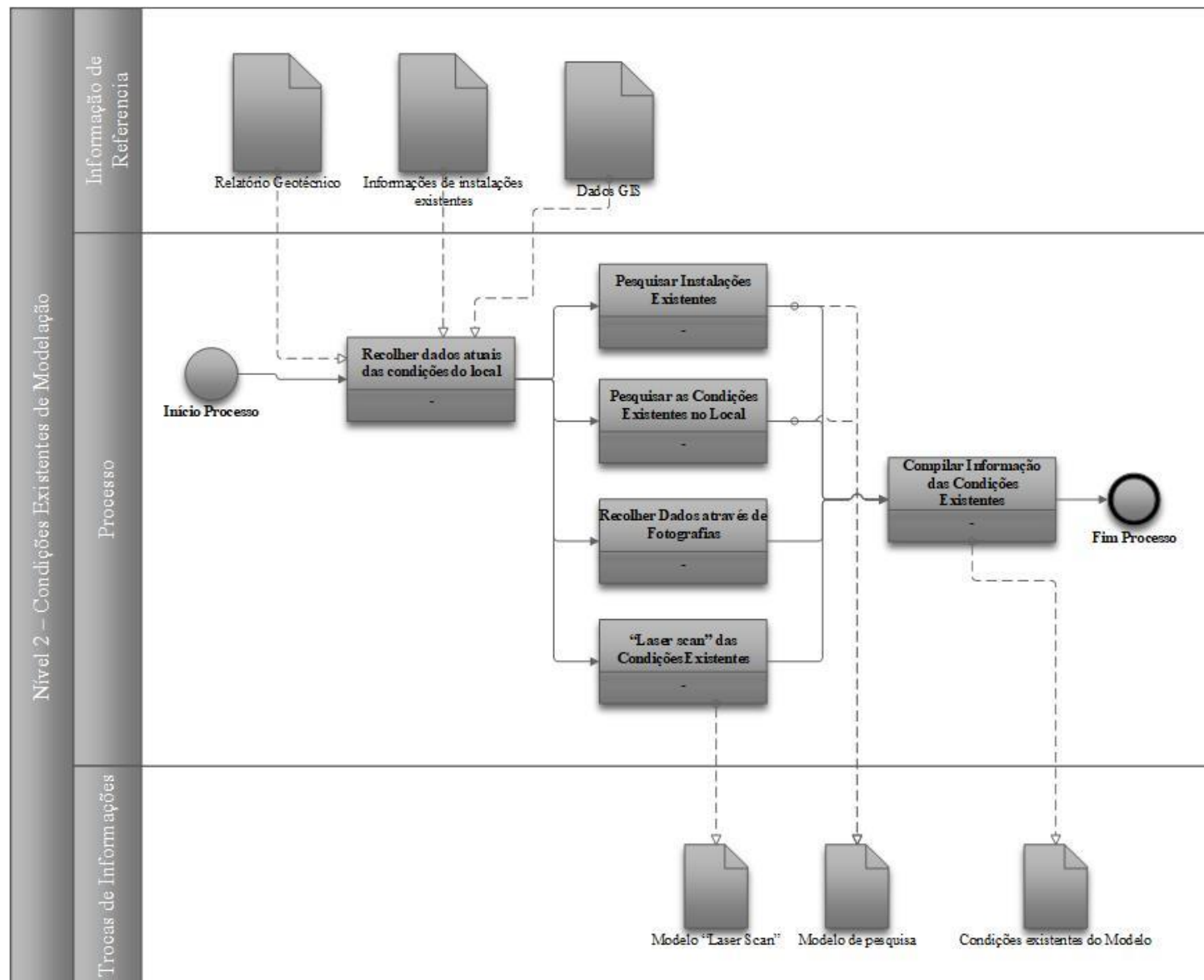












Secção G – Procedimentos de Colaboração

1 – Procedimentos de reuniões

Tema da reunião	Fase do projeto	Frequência	Participantes	Localização
Revisão Modelo Estrutural	Projeto	Única	Arquiteto Gestor BIM	Universidade de Aveiro
Revisão Modelo Arquitetura	Projeto	Única	Arquiteto Gestor BIM	Universidade de Aveiro
Revisão Modelo Abastecimento Água	Projeto	Única	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos Gestor BIM	Universidade de Aveiro
Revisão Modelo Drenagem Água	Projeto	Única	Engenheiro Projetista Redes Águas e Esgotos Gestor BIM	Universidade de Aveiro

2 – Procedimentos de comunicação eletrónica

Nome do ficheiro	Localização	Formato	Acesso Permitido
Ast_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros
Est_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros
Abast_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros
Dre_Modelo Virtual	BIM 360	.rvt	Todos os membros

Secção H – Controlo de Qualidade

Verificação	Parte responsável	Software	Frequência
Visual	Todos os intervenientes	Autodesk Revit	Única
Interferência	Todos os intervenientes	Autodesk Navisworks Manage 2018	Única
Normas	Todos os intervenientes	Autodesk Revit 2018	Única
Elementos	Todos os intervenientes	Autodesk Revit 2018	Única

Secção I – Infraestruturas Tecnológicas

1 – *Software* utilizados

Especialidade	Software	Versão	Formato Arquivo
Arquitetura	Autodesk Revit	2018	.rvt
Estrutural	Autodesk Revit	2018	.rvt
Abastecimento Água	Autodesk Revit	2018	.rvt
Drenagem Água	Autodesk Revit	2018	.rvt

2 – *Hardware* utilizados

Hardware	Especificações	
	Autodesk Revit 2018	Autodesk Navisworks Manage 2018
Sistema Operativo	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Windows 7 SP1 de 64 bits: Enterprise, Ultimate, Professional ou Home Premium. - Microsoft Windows 8.1 de 64 bits: Enterprise, Pro ou Windows 8.1. - Microsoft Windows 10 de 64 bits: Enterprise ou Pro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Windows 7 SP1 de 64 bits: Home Basic, Home Premium, Professional, Enterprise ou Ultimate. - Microsoft Windows 8.1 de 64 bits. - Microsoft Windows 10
CPU	Processador de núcleo único ou superior Intel® Pentium®, Xeon®, ou série i ou AMD® equivalente com tecnologia SSE2..	Intel Pentium 4 ou AMD Athlon 3.9 GHz com tecnologia SSE2 .
Memória	4 GB de RAM.	2 GB de RAM.
Configuração de vídeo	1280 x 1024 com true color.	1280 x 800 com true color.
Espaço em disco	5 GB de espaço livre em disco.	15 GB de espaço livre em disco.
Dispositivo apontador	MS-Mouse ou dispositivo em conformidade com o 3Dconnexion.	Microsoft Mouse
Navegador	Microsoft Internet Explorer 7.0 ou posterior.	Microsoft Internet Explorer 8.0 ou posterior.

3 – Plataformas de comunicação

Especialidade	Plataforma de Comunicação
Arquitetura	BIM 360
Estrutural	BIM 360
Drenagem Água	BIM 360
Abastecimento Água	BIM 360

Secção J – Estrutura do Modelo

1 – Nomenclatura dos Ficheiros

Especialidade	Nomenclatura Ficheiros
Estrutural	Est_(nome do projeto)
Arquitetura	Arq_(nome do projeto)
Abastecimento de Águas	Abast_(nome do projeto)
Drenagem de Águas	Dre_(nome do projeto)

2 – Disposição dos Modelos

Disposição	Descrição
1º	Especialidades
2º	Pisos
3º	Divisões

3 – Sistema de Medições

Tipologia	Descrição
Escala	1:100
Unidades	Metros

Secção K – Entrega do Projeto

Modelo BIM	Fase	Data de entrega	Formato Arquivo
Arquitetura	Projeto	31/01/2018	.rvt
Estrutural	Projeto	28/02/2018	.rvt
Abastecimento Águas	Projeto	20/04/2018	.rvt
Drenagem Águas	Projeto	08/06/2018	.rvt

Anexos

Anexo II – Descrição Usos BIM

Anexo II – Descrição Usos BIM

Uso BIM	Programação
Descrição	Processo no qual um programa espacial é utilizado para determinar, por parte da equipa de projeto, o desempenho do projeto relativamente aos requisitos espaciais, de forma eficiente e precisa. Nesta fase são tomadas as decisões críticas do projeto, permitindo determinar a melhor abordagem a ter sobre o projeto em concordância entre o dono do projeto e a equipa do projeto.
Possíveis utilidades	Avaliação eficiente e precisa do desempenho do projeto em relação aos requisitos espaciais definidos pelo dono do projeto.
Competências técnicas necessárias	Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D.
Recursos requeridos	<i>Software</i> de execução do projeto.

Uso BIM	Análise do espaço
Descrição	Processo no qual se utilizam ferramentas BIM ou <i>Geographic Information System</i> (GIS) para avaliar as propriedades da área de implementação do projeto e determinar a sua localização ideal. Os dados do terreno recolhidos são usados para selecionar a localização do edifício.
Possíveis utilidades	Aumento da eficiência energética. Redução de riscos de material perigoso. Potencializar o retorno do investimento. Redução dos custos de demolições.
Competências técnicas necessárias	Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D. Conhecimento e compreensão do <i>software</i> GIS.
Recursos requeridos	<i>Software</i> de execução do projeto. GIS <i>software</i> .

Uso BIM	Execução do projeto
Descrição	<p>Processo que utilização <i>software</i> 3D para desenvolver um modelo BIM de acordo com os critérios que são importantes para a análise do projeto do edifício. São utilizadas ferramentas de criação de projetos e ferramentas de auditoria e análise.</p> <p>As ferramentas de criação de projetos permitem conceber modelos do projeto, enquanto que as ferramentas de auditoria e análise estudam e otimizam as informações dos modelos. As ferramentas de criação de projetos representam o primeiro passo na metodologia BIM, permitindo conectar o modelo 3D com banco de dados de propriedades, quantidades, custos e cronogramas.</p>
Possíveis utilidades	<p>Perceção do modelo do projeto por todos os intervenientes.</p> <p>Melhor controlo da qualidade do projeto, de custos e do cronograma.</p> <p>Colaboração entre todos os intervenientes do projeto e os dos utilizadores BIM.</p> <p>Maior controlo da qualidade e garantia do projeto.</p>
Competências técnicas necessárias	<p>Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D.</p> <p>Conhecimento das metodologias de construção.</p> <p>Experiência em projeto de construções.</p>
Recursos requeridos	<i>Software</i> de execução do projeto.

Uso BIM	Revisão do projeto
Descrição	Processo em que os intervenientes no projeto visualizam e analisam o modelo 3D para validar vários aspetos do projeto.
Possíveis utilidades	<p>Eliminar modelos tradicionais de construção caros e extensos.</p> <p>Modelação e alteração de opções do projeto em tempo real durante a revisão do projeto com base nos objetivos do dono do projeto.</p> <p>Criar processo de revisão do projeto mais rápidos e eficientes.</p> <p>Melhorar o desempenho de saúde, segurança e bem-estar do projeto.</p> <p>Facilidade de comunicação entre todos os intervenientes no projeto, incluindo o dono do projeto.</p>
Competências técnicas necessárias	<p>Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D.</p> <p>Capacidade de modelar elementos realistas, como texturas, cores e acabamentos.</p> <p>Capacidade de coordenação, compreendo os papéis e responsabilidades dos membros da equipa de projeto.</p> <p>Compreensão da compatibilização entre os sistemas de construção.</p>
Recursos requeridos	<p><i>Software</i> de revisão do projeto.</p> <p>Espaço de revisão interativa.</p> <p>Hardware capaz de processar arquivos pesados.</p>

Uso BIM	Coordenação 3D
Descrição	Utilização de <i>software</i> de <i>clash detection</i> durante o processo de coordenação do projeto para determinar incompatibilidades no projeto comparando modelos 3D de sistemas de construção e eliminar os possíveis conflitos existentes antes da fase de instalação.
Possíveis utilidades	Coordenar o projeto de construção através de um modelo. Reduzir e eliminar conflitos entre os elementos construtivos. Visualização da construção. Aumento da produtividade Redução de custos e tempo da construção.
Competências técnicas necessárias	Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D. Capacidade de trabalho colaborativo. Conhecimento de sistemas de construção. Conhecimento de aplicações de modelo BIM para atualizações de instalações.
Recursos requeridos	<i>Software</i> de execução do projeto. <i>Software</i> de revisão do projeto.

Uso BIM	Planeamento de fases (Modelação 4D)
Descrição	Processo no qual um modelo 4D é utilizado para planear de forma efetiva as fases do projeto ou para determinar a sequência construtiva e os requisitos espaciais em obra.
Possíveis utilidades	<p>Melhorar a compreensão das fases do projeto pelo dono e equipa do projeto, indicando o caminho crítico do projeto.</p> <p>Integração do planeamento dos recursos humanos, de equipamentos e de materiais com o modelo BIM para melhorar o cronograma e a estimativa de custos do projeto.</p> <p>Deteção e correção de conflitos no projeto antes da fase de construção.</p> <p>Identificação de problemas do planeamento das fases do projeto.</p> <p>Controlar o estado da compra dos materiais do projeto.</p> <p>Maior produtividade e redução de desperdícios em obra.</p>
Competências técnicas necessárias	<p>Conhecimento de faseamento construtivo e do processo geral de construção.</p> <p>Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D.</p> <p>Conhecimento de <i>software</i> 4D.</p>
Recursos requeridos	<p><i>Software</i> de execução do projeto.</p> <p><i>Software</i> de planeamento.</p> <p><i>Software</i> de modelação 4D.</p>

Uso BIM	Condições de modelação existentes
Descrição	Desenvolvimento, por parte da equipa de projeto, de um modelo 3D das condições existentes do local para a implementação do projeto, permitindo a consulta das informações para novas construções ou para projetos de reabilitação. O modelo é desenvolvido através de técnicas de <i>laser scanning</i> e levantamentos convencionais.
Possíveis utilidades	Aumento da eficiência e precisão da documentação das condições existentes. Criação de documentos para utilização futura. Representação precisa do trabalho já realizado no local. Verificação de quantidades em tempo real para determinação de custos Uso para fins de visualização.
Competências técnicas necessárias	<i>Software</i> para modelação BIM. 3D <i>laser scanning</i> . <i>Software</i> de leitura de <i>laser scanning</i> . Equipamento de levantamento convencional.
Recursos requeridos	Capacidade para utilizar, navegar e rever um modelo 3D. Conhecimento das ferramentas de criação de modelos BIM. Conhecimento de ferramentas de 3D <i>laser scanning</i> . Conhecimento de ferramentas e equipamentos de levantamento convencional. Capacidade de criar um modelo BIM a partir de um modelo de 3D <i>laser scanning</i> ou de dados de levantamento convencional.